



المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الادارة العامة للتعليم الفني

إدارة الأبحاث والمناهج

استخدام أجهزة القياس والتحكم

يوزع مجانا ولا يباع

استخدام أجهزة القياس والتحكم





المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الادارة العامة للتعليم الفني
إدارة الأبحاث والمناهج

استخدام أجهزة القياس والتحكم

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفنى والتدريب المهنى

استخدام أجهزة القياس والتحكم

الحمد لله تعالى الذي تتم بنعمه الصالحات
لقد وفقت بتصوير النسخة اسكنر بصورة جديده
وطباعة ممتازة
نسألكم الدعاء بظهر الغيب لي ولوالدي
اخوكم في الله ابو عبدالله عبد المهيمن فوزي

ⓒ المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني ، ١٤١٧ هـ
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
السعودية . المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
استخدام الأجهزة والتحكم -الرياض.
٤٢٠ ص ؛ ١٧ X ٢٤ سم
ردمك :٧ - ٠٤٥ -١٢- ٩٩٦٠
١ - أجهزة القياس ٢ - السعودية - التعليم الفني - كتب دراسية
أ - العنوان
ديوي ٦٢١،٣٧٢ ١٧ / ٠٩٦٩

رقم الإيداع : ٠٩٦٩ / ١٧
ردمك : ٧ - ٠٤٥ - ١٢ - ٩٩٦٠

الطبعة الأولى باللغة العربية ١٩٩٧

First Printing Arabic Edition 1997

- قامت بترجمة الكتاب ومراجعته والإشراف على الإخراج والطباعة دار السيف للترجمة بتكليف من المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني في إطار اتفاقية التعاون الفني بين المملكة العربية السعودية واليابان.

- Translation and supervision over production & printing was done by (Al - Saif Translation House) by assignment of the General Organization for Technical Education and Vocational Training within the scope of the technical cooperation agreement between the Kingdom of Saudi Arabia and Japan.

بسم الله الرحمن الرحيم

تقـديـم

يتسـم هـذا العـصـر بتـدخل الآلـة فـي مـختلف أوجه حـياة الإنسـان ؛ فـي صناعـتـه ، وزراعـتـه ، وتجـارته ، وفي منزله ، وفي كـافـة شـئـون حـيـاتـه اليـومـيـة . فلقـد حـررت الآلـة الإنسـان مـن العـمـل الـروتـيـنى المتـكـرر ، ليـمـارس مـا كـرمـه اللـه بـه "العـقـل" عـلـى نـطـاقٍ واسـع ، حـتـي أصـبـح يـطلق اصطـلاح «الإنسـان الآلـي» علـى كـثيـر من الأجـهـزة التي تقـوم بدلاً من الإنسان ، بأعمال عديدة ومعقدة .

وكـتـاب «استـخدام الأجـهزة والتـحكم» الذي نـضعـه بين يديك -أخي الطالب - يطل بك على هذا العلم ، فـيـشـرح مـبـادئه ، ويبين أسـسـه ، ويوضـح قـواعـده ، دعـمـاً لك فـي مـشـوار المعرفة في هذا المجال .

ولا يفـوتنـا أن نـنـوه بالدعم السـخـي ، الذي قـدمـتـه وكـالـة اليـابـان للتـعـاون الـدولـي (جـايكـا) ، حيث قامت بتقديم الكتـاب ، وترجمتـه من اللغة اليابانية إلى اللغة الإنجليزية ، في إطار التعاون الفني بين المملكة العربية السعودية واليابان .

نسأل الله تعالى لك دوام التوفيق والنجاح في نهل هذا العلم ،،

مدير عام التعليم الفني

الدكتور / على بن ناصر الغفيص

فهرست المحتويات

الموضوع	صفحة

الموضوع	صفحة

الموضوع	صفحة

الموضوع	صفحة

الموضوع	صفحة

الموضوع	صفحة

الموضوع	صفحة

الموضوع	صفحة

الموضوع	صفحة

الموضوع	صفحة

الفصل الأول

أساسيات استخدام أجهزة القياس
FUNDAMENTALS OF INSTRUMENTATION

١ -١ أساسيات استخدام أجهزة القياس

استخدام أجهزة القياس هو أساس إختبار الظواهر الطبيعية أو الكيميائيه لإنتاج السلع وإبرام الصفقات . وسيتم فيما يلى شرح أسس قياس حالات وكميات معينة (قياس ، ووزن) .

١-١-١ القياس واستخدام أجهزة القياس

Measurement and Instrumentation

عندما يكون ارتفاع مكتب 74سم . فإن الـ 1 سم هنا هي القيمة الاسنادية (القيمة المرجعية) للطول . فى هذه الحاله، يكون ارتفاع المكتب هو 74 وحدة من هذه القيمة الإسنادية .وتعرف عملية «القياس» بأنها التعبير عن القيمة أو الحالة المقاسة بمقارنتها بقيمة أو حاله مرجعية ، وذلك بقيم عدديه أو باستخدام رموز لها قواعد معينة . وعلى سبيل المثال، فإن القياس باستخدام إشارات ثنائية مذكورة فى الفصل العاشر، بند ١ «الإشارة الثنائية» ، هو تطبيق على هذا الأسلوب. وتعرف الكميات المرجعيه بوحدات . ففى اليابان ، يتم تحديد الوحدات المسموح بها، المذكورة فى قانون القياسات .

وتسمى طريقة التعبير عن ارتفاعات مكتب وأصناف أخرى بقيم عددية، طريقة التعبير الكمى . وبالمقارنة ، فإن طريقة التعبير عن حالات المواد بالإحساس مثل «إرتفاع المكتب منخفض أو عالى»، تسمى طريقة التعبير النوعى .وفى طريقة التعبير النوعى ،

يختلف المرجع فى الحكم، حيث يعتمد على الشخص الذى قام بالقياس ، ولا تعرف حالات المواد بالضبط.وعلى ذلك ، يجب أن تستخدم طريقة التعبير الكمى عن حالات المواد هندسيا بدلا من الطريقة النوعية ويجب أن نأخذ فى الإعتبار عدة أشياء عند قياس أبعاد جزء ميكانيكى وهى ، ماهى التفاصيل التى يجب أن تصل اليها القيمة المقاسة ؟ وما هى عملية القياس ، وماهي العمليات الحسابية والتسجيلات اللازمة لمراقبة الجوده أو الأغراض الأخرى؟ وما هى وظيفة المعدات اللازمة لقياسها؟ واستخدام أجهزة القياس يعنى ، الطرق والوسائل اللازمة ، لاستخدامها والإستفادة من النتائج لهدف معين .

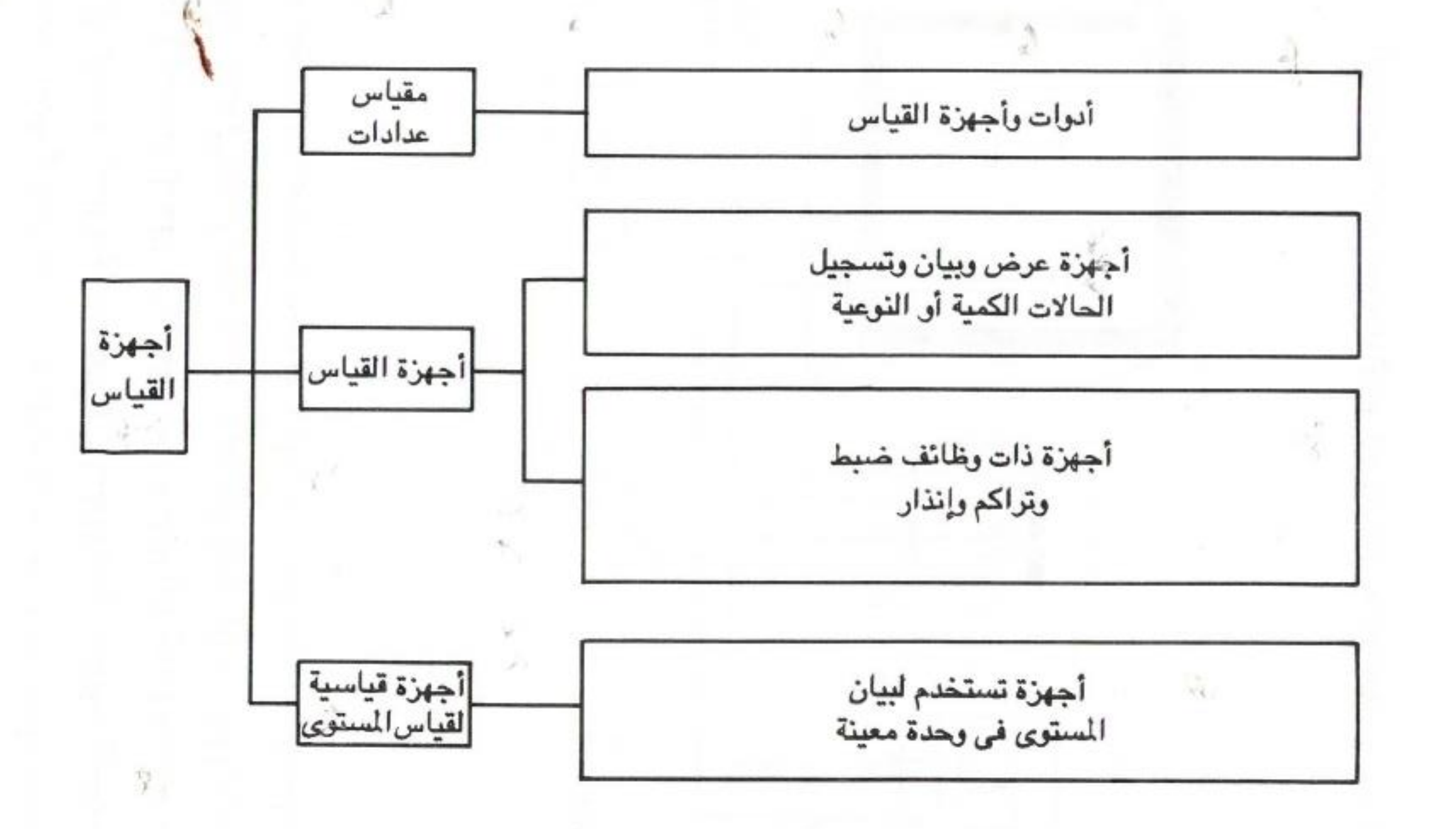
ويسمى «استخدام أجهزة القياس» الذى يتم أثناء عمليات الإنتاج الصناعى أو الإنتاج التابع له ، باستخدام أجهزة القياس في الصناعة. وتستخدم عمليات الإنتاج الصناعى الحاليه ماكينات ومعدات بغرض تحسين الإنتاجية وإدخال الأوتوماتيكية وتوفير الطاقة . وتلعب تقنية استخدام أجهزة القياس في الصناعة دوراً بارزاً فى هذا المجال .

١-١-٢ مكونات أجهزة القياس

Composition of Measuring Instruments

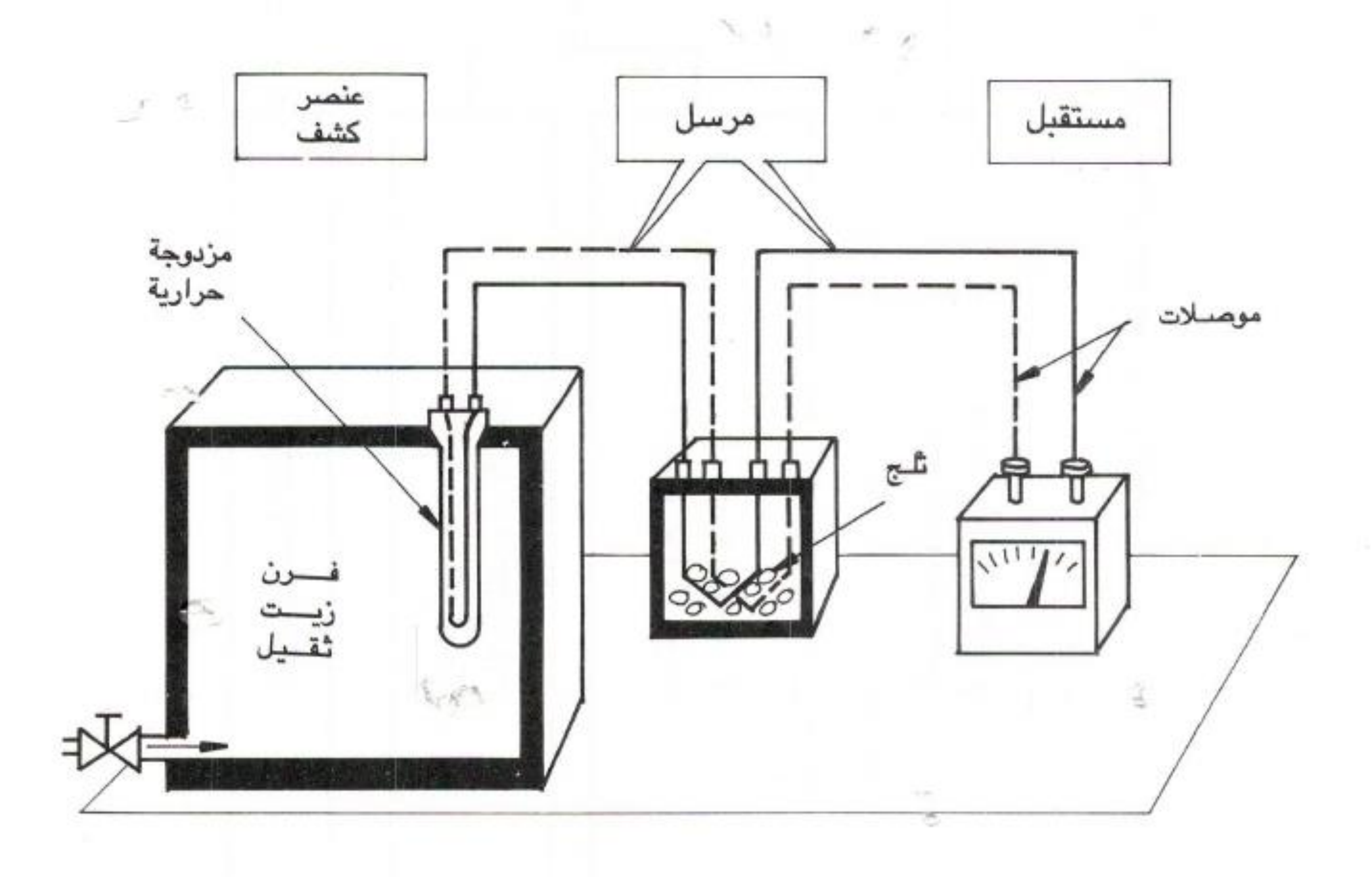
تسمى المقاييس والعدادات وأجهزة القياس والمعايير القياسية - بشكل عام - بأجهزة القياس العامة- كما فى الشكل ١ - ١ .

وتؤدى أجهزة القياس الوظائف التى تناظر الحواس الخمسه للإنسان (نظر، وسمع، ولمس، وتذوق، وشم). وحديثا ، يرجع الفضل إلى الصناعه الالكترونيه والحاسبات الآلية ، والماكينات والمعدات التى تعمل تبعاً لتعليمات تم إعدادها مسبقاً لأداء معظم الأعمال المناسبة باستخدام المعلومات التي تم الحصول عليها، بالإضافة إلى الظواهر التي يتم قياسها.



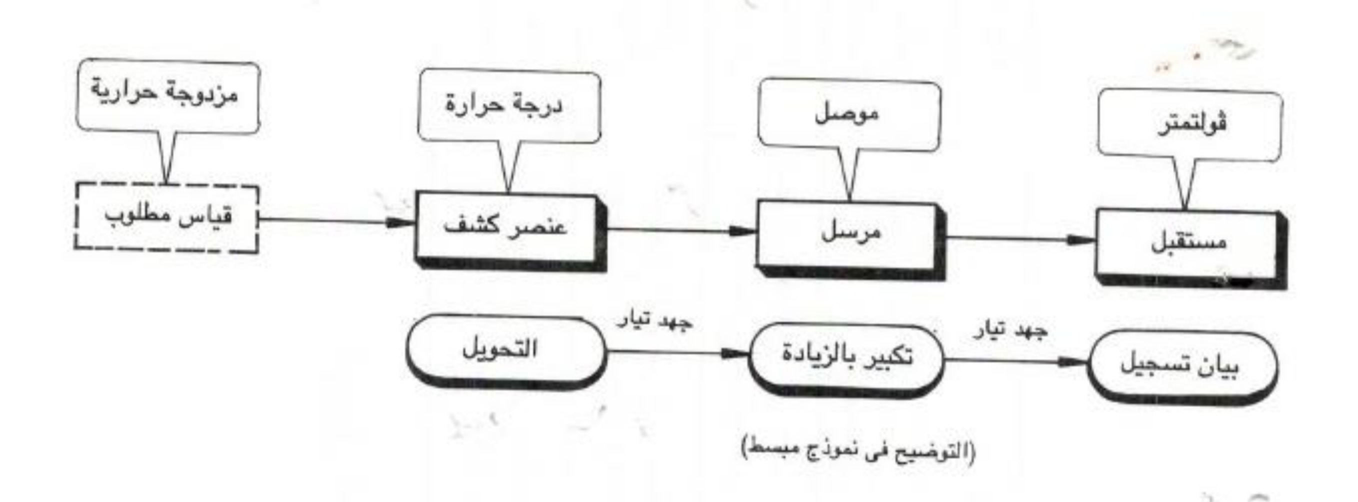
الشكل ١ – ١ تصنيف أجهزة القياس

ويستخدم قياس درجة الحرارة عن طريق ترمومتر حرارى كهربائي كمثال معروض في شكل ١ – ٢، لتوضيح مكونات أجهزة القياس وتكتشف درجة الحرارة داخل الفرن عن طريق مزدوجات حرارية (ارجع إلى الفقرة ٤ – القسم ١ – الفصل السادس)،حيث يتم تحويل درجة الحرارة المقاسة إلى كمية كهربائية ، ترسل خلال أسلاك توصيل تنقلها إلى المستقبل. ويبين المستقبل درجة الحرارة عن طريق ڤولتمتر بمقياس مدرج لبيان درجات الحرارة.



الشكل ١ – ٢ قياس درجة الحرارة عن طريق ترمومتر حرارى كهربائي

والشكل ١ – ٣ يلخص المكونات الرئيسية لجهاز القياس .



الشكل ١ – ٣ مكونات جهاز القياس

١ – ١ – ٣ التحويل Conversion

يكتشف الترمومتر الكهروحراري درجة الحرارة عن طريق مزدوجة حرارية وتحويلها إلى كمية كهربائية. وفي مثل هذه الحالة ، فإن تغيير كمية معينه إلى كمية من نفس النوع مع الاحتفاظ بعلاقة ثابتة معها تسمى بـ «التحويل» . ويسمى الجهاز الذي يستخدم للتحويل بالمحوِّل «المغيِّر» . ويعرف تغيير كميات معينه إلى كميات أكبر من نفس النوع عادة بـ «التكبير» .

وتستخدم أجهزة القياس طريقة التحويل أو التكبير المناسبة للغرض الذى صنعت له . ويبين الجدول ١ – ١ أنواع التحويل والتكبير التي تستخدم بشكل عام .

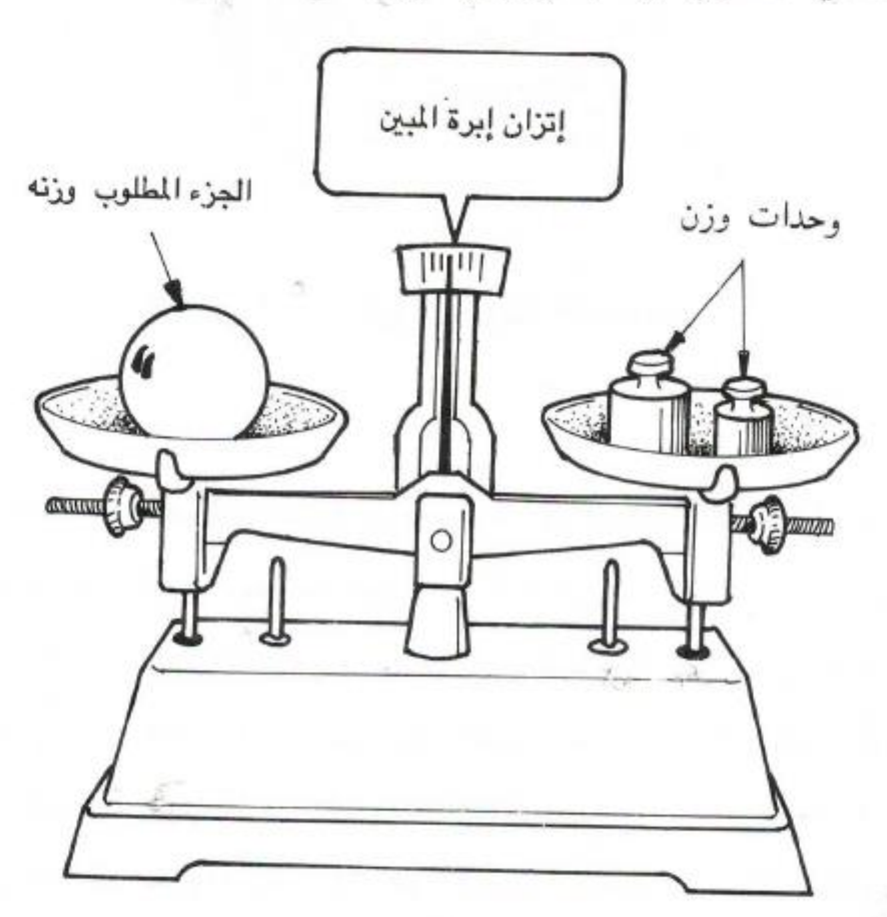
طريقة التحويل	نظام التحويل	نوع الزيادة
النظام الميكانيكي	يحول القياس إلى إزاحة باستخدام سوسته ، منفاخ ، ثنائي معدني ، بندول – انظر ص	ذراع ، مسمار مسنن ، ترس (مقياس قرصي مدرج – انظر ص)
النظام الضوئي	يحول القياس إلى عدد من الهدُب باستخدام هدُب التداخل ، هدُب موار (سطح ضوئي الإستواء – أنظر ص)	ذراع ضوئي ، عدسة (مقياس ضوئي – أنظر ص)
نظام السوائل	يحول القياس إلى معدلات ضغط الانسياب باستخدام فوهة، انبوبة حقن (الميكرومتر الهوائي – أنظر ص)	انبوبة الفقاعة (مقياس المستوى – أنظر ص)
النظام الكهربائي	يحول القياس إلى مقاومة كهربائية ، سعة ، محاثة ، قوة دافعة كهربائية (مقياس الإنفعال – أنظر ص)	تكبير وتحويل الجهد (مكبر ، ومحول)

الجدول ١–١ أنواع التحويل والتكبير

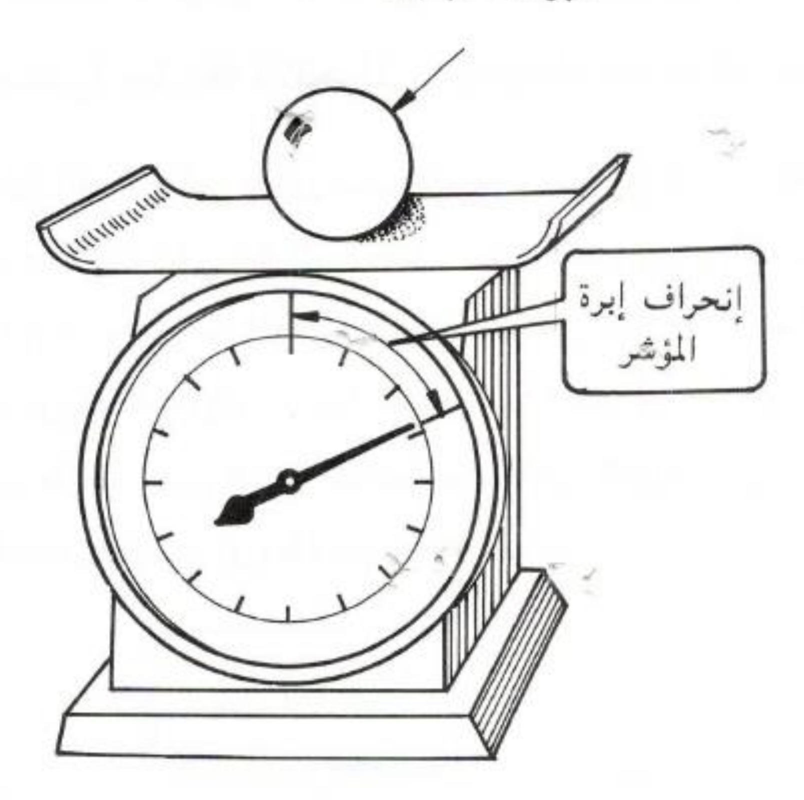
١-١-٤ نظام استخدام أجهزة القياس Instumentation System

[١] الطريقة الصفرية وطريقة الانحراف Zero and Deflection Methods

لندرس ماهى طرق القياس التي يمكن استخدامها عن طريق قياس الكتله على سبيل المثال . فعند استخدم ميزان كما في الشكل ١ - ٤، توضع الأوزان على أحد جانبي الميزان وتضاف أوزان أو ترفع لتتوازن مع الغرض المطلوب وزنه . ومن هنا فإننا نعرف كتلة الغرض المطلوب وزنه من كتلة الأوزان عندما تشير إبرة المبين إلى صفر «0». وتعرف الطريقة الصفرية بأنها طريقة تعيين الكمية المقاسة من الكمية المعروفة التى تتوازن معها - وذلك باتزان الكمية المطلوب قياسها (وزنها) مع المقدار المعلوم .



الشكل ١ - ٤ الوزن بالطريقة الصفرية

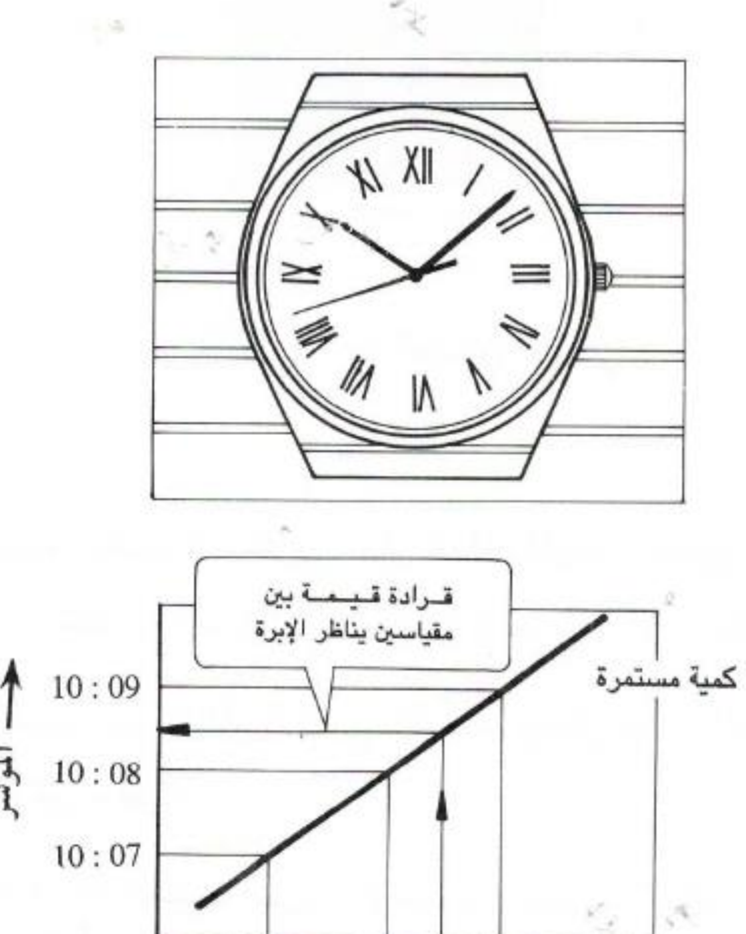


الشكل ١ – ٥ الوزن بطريقة الانحراف

وفي المقابل مع هذه الطريقة ، توجد طريقة تستخدم ميزان بمنصة (كفة) كما فى شكل ١ – ٥ ، وهي تقيس عن طريق انحراف إبرة مبين ينتج من تحرك ياى عندما يوضع الغرض المطلوب وزنه على الياى .وتعرّف طريقة الإنحراف بأنها الطريقة التى تعرف بها الكمية المقاسة عن طريق إحداث تغير فى المؤشر تبعاً للكمية المقاسة. ولا يتطلب القياس بطريقة الانحراف جهداً كبيراً، غير أن القياس بالطريقة الصفرية أكثر دقة.وجهاز القياس النموذجي الذى يستعمل الطريقة الصفرية، هو مقياس الانفعال ذو سلك المقاومة باستخدام دائرة قنطرة هويتستون (ارجع إلى الفقرة ٢ – الجزء ٦ – الفصل الثاني). ويستخدم الفولتمتر والأميتر طريقة الانحراف .

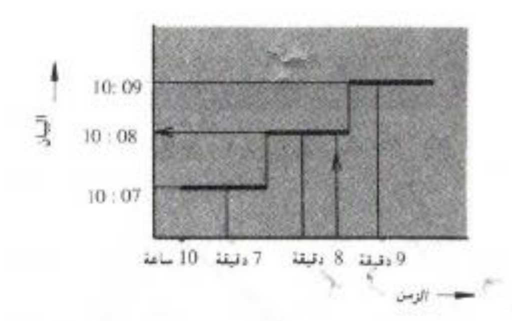
[٢] البيان التناظري والرقمي Analogue and Digital Indication

تنقسم النظم التي تبين نتائج القياس وتنقلها كإشارات إلى أنظمـة تناظرية لتحـولها إلى كميات طبيعيـة مسـتمرة كما في الشكل ١ – ٦، وأنظمة رقمية تجزيء القيم المقاسـة إلى مقاسات معينه وتحولها إلى مضاعفات لهذه المقاسات ثم تحولها إلى قيم كما في الشكل ١–٧



الشكل ١ – ٦ البيـان التناظري





الشكل ١ – ٧ البيـــان الرقمـي

وبالمقارنـــة مــع النظـــام التناظري ، فإن النظام الرقمى يتميز بالخصـائص التاليـــة ·هذا، وقد انتشر استخدامه ، حديثاً ، بالرغم من تعقد المعدات ، بشكل عام .

(١) يتم التـعبـير عن النظام الرقمي بالأرقام، ويمكن قـراءة القيـــم المقـاسة بسـرعة وبأخطاء قراءة قليلة .

(٢) يعتبر مناسباً لعمليات التخزين والتسجيل وإجراء العمليات الحسـابية بالإضـافة إلى بيان القيم المقاسة .

(٣) يمكن تغيير وحدات البيان بسهولة بتغيير حجم المقسوم عليه .

(٤) بخلاف اجـهزة القيـاس التناظرية والتي تستـخدم انحراف ابرة المؤشر للبيـان فإن في الاجهزة الرقمية يصعب تحديد اتجاهات التغيير في القيم المقاسه بالحدس .

وتسمى عملية تحويل الكميات التناظرية إلى كميات رقمية بعملية تحويل تناظري رقمى (ADC) - (ارجع إلى الفقرة ٩ - الجزء ٦ - الفصل الثاني) .

١-٢ أخطاء القياس Measurement Errors

١-٢-١ الأخطاء Errors

بغض النظر عن الطريقه المستخدمه أو الجهاز المستخدم للقياس ، فإنه يوجد دائما فرق بين القيمة التى حصلنا عليها من القياس (القيمة المقاسة) والقيمة الصحيحة للكمية المقاسة (القيمة الحقيقية)، على الرغم من اختلاف حجم الفرق بإختلاف الحاله .

والقيمة التى نحصل عليها بطرح القيمة الحقيقية من القيمة المقاسة تسمى «الخطأ». ويمكن أن تكتب كما يلى :

الخطأ = (القيمة المقاسة) - (القيمة الحقيقية) (1-1)

أما القيمة الحقيقية فيمكن قياسها بصعوبة بصرف النظر عن درجة دقة الجهاز .

* فمثلا يمكن قياس قيم عددية أقل من 0.1 مم باستخدام العين فقط ذلك لو استخدمنا مسطرة طول جزء القياس بها 0.1 مم أما القيمة العددية الأقل من 0.01 مم يمكن قياس بالعين فقط لو استخدمنا الميكرومتر .

والقيمة الحقيقية هى القيمة التى يمكن أخذها ذهنيا في الاعتبار، ولايمكن الحصول عليها فى الواقع .

ونظراً لأن القيمة الحقيقية لجزء مطلوب قياسه تكون غير معروفة ، لذا لا يمكن تحديد القيمه الحقيقيه للخطأ . ومع ذلك ، قد يكون الخطأ في حدود قيمة معينة، ويمكن تحديده

بناءً على جهاز القياس المستخدم وعلى القيمة المقاسه. ولهذا السبب، يقال : إن القيمة الحقيقية توجد بين قيم معينة .

ويمكن تقليل الأخطاء إذا تم قياس أطوال الأجزاء باستخدام أجهزة قياس دقيقه . ولاتعنى الأخطاء الصغيرة دقة أكثر فى القياس .

* وكمثال ، لايمكن قياس المسافة بين طوكيو وأوساكا بخطأ أقل من 1مم. ومع ذلك، يمكن قياس جزء طوله 1سم تقريبا بخطأ أقل من 0.01 مم باستخدام ميكرومتر .

كما أنه ليس منطقيا أن نقرر ما إذا كان القياس صحيحا أو لا ، عندما يكون الخطأ كبيراً أو صغيراً فقط .

وعلى ذلك تؤخذ النسبة بين الخطأ والقيمة الحقيقية في الاعتبار ، وهذه تسمى نسبة الخطأ

$$\text{نسبة الخطأ} = \frac{\text{الخطأ}}{\text{القيمة الحقيقية}} \qquad (1\text{-}2)$$

* وكما علمنا سابقا ، يمكننا أن نعرف أن الخطأ يكون في حدود قيمة معينة، وأن القيمة الحقيقية يمكن الحصول عليها بالتقريب من القيمة المقاسه . وتحسب نسبة الخطأ منها .

وتسمى القيمة التي تعبر عن نسبة الخطأ بالنسبة للمائة، بالنسبة المئوية للخطأ. وفي حالة التأكد من عدم الخلط بينهما ، يمكن تسمية النسبة المئوية للخطأ بنسبة الخطأ. وفى الحقيقة ، يستخدم التعبير « نسبة الخطأ....٪ »، غالبا .

١-٢-٢ تصنيف الأخطاء Classification of Errors

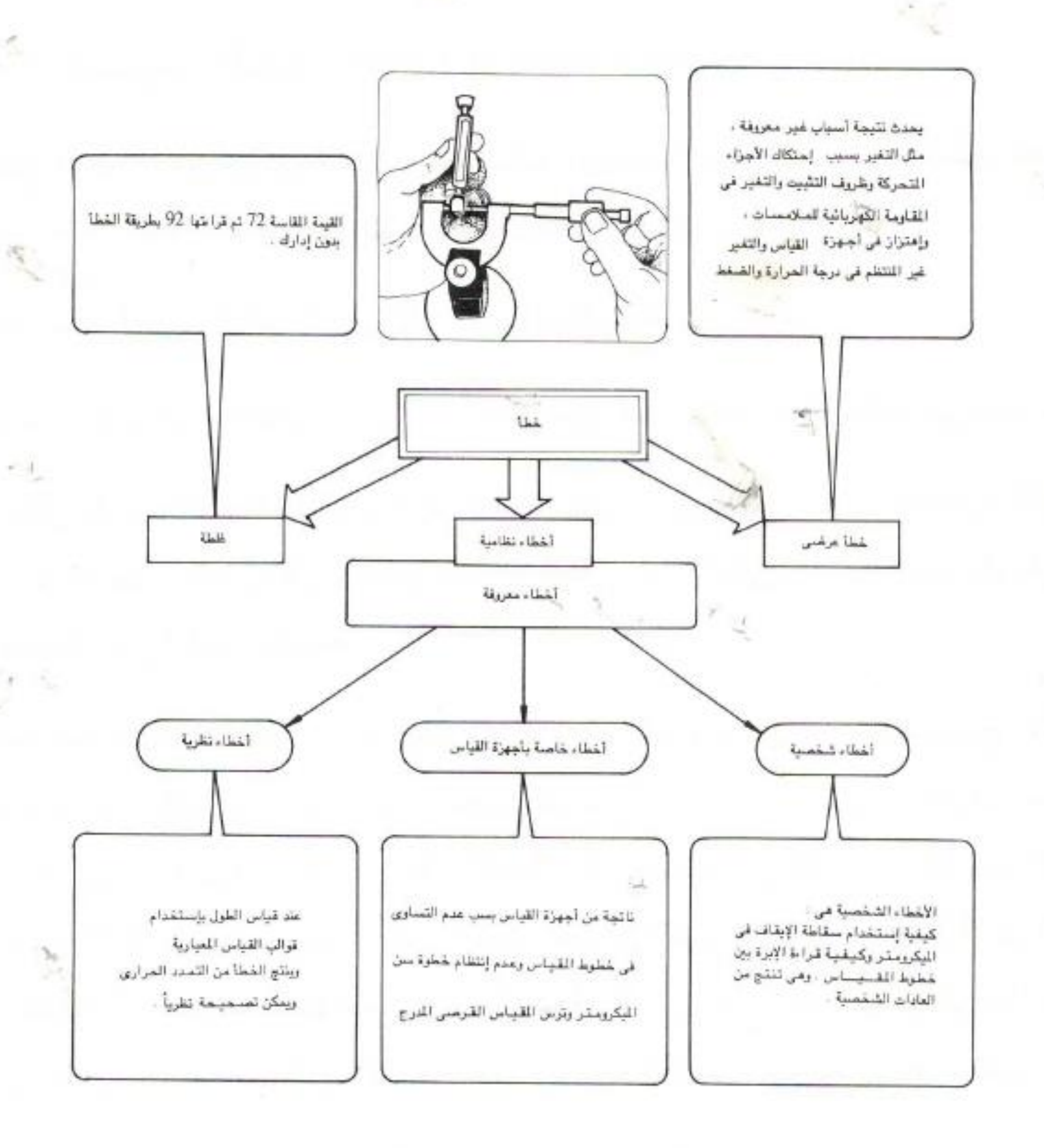
تنتج الأخطاء من تراكب أسباب متدا خلة . وعموما يمكن تصنيف الأخطاء كما فى الشكل ١ – ٨، تبعاً لأسباب حدوثها وخصائص كل منها.

وتستخدم الطرق التالية للتغلب على الأخطاء المختلفة .

ويمكن اكتشاف الغلطات بسهولة إذا تم تسجيل القيم المقاسة وإدخالها في رسم بياني

ويمكن تقسيم الأخطاء النظامية إلى أخطاء نظرية ، و أخطاء خاصة بأجهزة القياس، وأخطاء شخصية . كما يمكن تصحيح هذه الأخطاء باتباع الطرق التالية للحصول على قيم أقرب مايمكن إلى القيم الحقيقية .

تصحح الأخطاء النظرية بواسطة الحسابات النظرية . ويمكن تصحيح الأخطاء الخاصة بأجهزة القياس ، باستخدام أجهزة قياس ذات أخطاء صغيرة. ويعرف تصحيح أجهزة القياس بالمعايرة. وعموما ، فإن الأخطاء الشخصية هى أقلها . فمثلاً عند القراءة بالقرب من 0.5 على المقياس ، يكون الخطأ أقل من القراءة بالقرب من 0.2 أو 0.8 ، ويمكن تقليل الأخطاء الشخصية باستخدام المهارة في القياس. وعلى هذا ، فقد وجد من الخبرة،أن النتائج تكون أفضل عندما يقوم عدة أشخاص بقياس الجزء نفسه .



الشكل ١ – ٨ تصنيف الأخطاء

وبوجه عام ، تصبح القيم المقاسة قيماً مختلفة قليلا حتى إذا تم تصحيح الغلطات ، و الأخطاء النظامية. وتسمى هذه الأخطاء بالأخطاء العرضية، وتحدث بصورة غير منتظمة عندما تتواكب عدة أسباب صغيرة .وتسبب الأخطاء العرضية تشتيت فى القيم المقاسه ، ولايمكن تجنبها تماماً . وللأخطاء العرضية الخصائص التالية :

(١) لاتحدث تقريباً الأخطاء العرضية الكبيره جداً نهائياً .

(٢) يتكرر حدوث الأخطاء العرضية الصغيرة أكثر من الأخطاء العرضية الكبيرة .

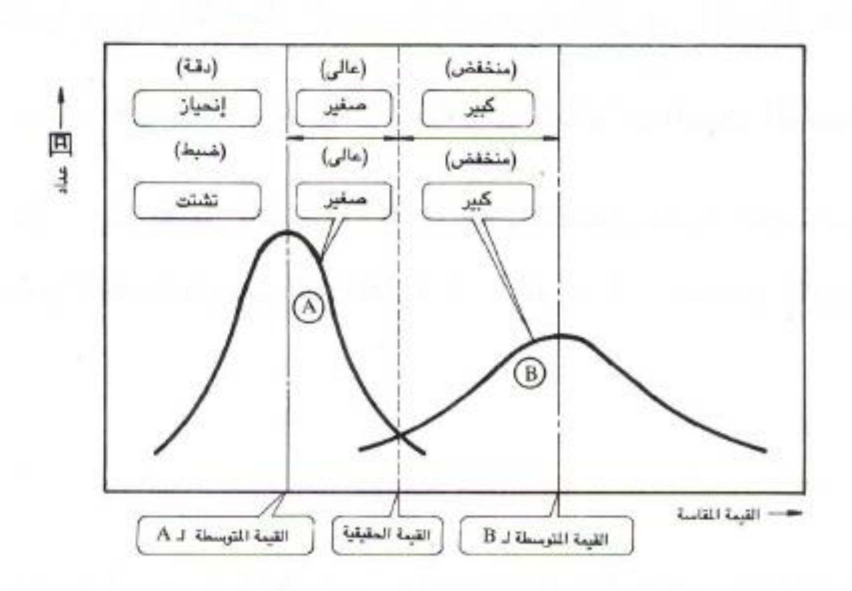
(٣) تحدث الأخطاء العرضية الموجبة والسالبة ذات الحجم الواحد بالتساوى تقريباً .

وعلى ذلك ، يتم تقليل الأخطاء العرضية بالتعامل معها إحصائياً، مثل حساب القيم المتوسطة للقيم المقاسة (ارجع إلى الفقرة ١ - الجزء ٤ - الفصل الأول) .

١-٣ أداء أجهزة القياس Performance of Measuring Instruments

١-٣-١ دقة أجهزة القياس Accuracy of Measuring Instruments

تبين المنحنيات B,A في شكل ١ - ٩ قياس سرعة الدوران بواسطة جهازي قياس B,A تحت نفس الظروف . في هذه الحالة، يتشتت المنحنى A بدرجة أقل بتأثير من القيم المقاسة وشكله المخروطى يكون أكثر حدة . وتسمى درجة تشتت القيم المقاسه بالضبط ويعبر عنها بـ « الضبط عالي أو منخفض » . تسمى القيمة التى تحصل عليها بواسطة طرح القيمة الحقيقية من القيمة المتوسطة للقيم المقاسة بالإنحياز . تسمى الدرجة ذات الإنحياز الصغير بالدقة ويعبر عنها بـ « دقة عالية » أو منخفضة » من شكل ١ - ٩ للمنحنى A إنحياز أقل ودقة أعلى من المنحنى B .



الشكل ١ – ٩ الضبط والدقة

وضبط أجهزة القياس هو تقدير كلى يدمج مابين دقة وضبط نتائج القياس. ويتم التعبير عنه عامة، بأنه القيمة القصوى للأخطاء أو نسب الخطأ للقيم المقاسة، التى نحصل عليها عندما تكون أجهزة القياس فى أفضل حالاتها.

* وعلى سبيل المثال ، تتم معايرة الميكرومتر بواسطة قالب قياس معياري، ويتم ضبط جهاز القياس فى حدود$\pm$ 0.01 مم ، إذا كانت الأخطاء القصوى على الجانب + والجانب – هي +0.01 مم ، – 0.01 مم فى المدى من صفر إلى 25 مم .

وإذا إختلفت القيم القصوى للأخطاء على الجانبين + ، –، يتم التعبير عن القيم القصوى بشكل منفصل ، أو تؤخذ القيمه الأكبر .

وبشكل عام ، يتم تصنيع أجهزة القياس بحيث تصبح الأخطاء على الجانبين + ، –

متساوية. ومع ذلك ، يقل ضبط أجهزة القياس تدريجيا نتيجة تآكل الأجزاء أو لأسباب أخرى ، عندما تستخدم الأجهزة لمدة طويلة

١-٣-٢ حساسية أجهزة القياس Sensitivity of Measuring Instruments

تُعرف الحساسية بأنها التغيرات فى مستوى الإحساس بالكميات المقاسة عن طريق أجهزة القياس،ويعبر عنها باستخدام معامل الحساسية أو متغيرات أخرى

ويحسب معامل الحساسية باستخدام المعادله التالية :

$$\text{معامل الحساسية} = \frac{\text{التغيرات في الكمية المبينة}}{\text{التغيرات في الكمية المقاسة}} \quad (1\text{-}3)$$

* وعلى سبيل المثال، إذا تغيرت إبرة المبين 3 مم ، عندما تتغير الكمية المقاسة 0.01 عن طريق محوِّل (ترانسفورمر) فرقي لميكرومتر كهربائى (ارجع إلى الفقرة ٣ - الجزء ٦ - الفصل الثانى) ، سيكون معامل الحساسية

$$\frac{3\ \text{مم}}{0.01\ \text{مم}} = 300$$

ويمكن التعبير عن الحساسية بقيمة أصغر جزء على أجهزة القياس (أي مقدار الكمية المقاسة المناظرة لقراءة المؤشر عند خطوط الفواصل المبينة على أجهزة القياس) لأجهزة القياس.

* فى المقياس القرصيّ ذي أجزاء مقياس تساوى 0.01 مم ، يقال أن له حساسية تساوى 0.01 مم ، على سبيل المثال .

وتكون الحساسية عالية عندما تكون أجزاء المقياس أصغر. والمقياس القرصى المدرج تكون فترات المقياس فيه أصغر، عندما يكون طول إبرة المبين أطول. ويمكن أن تزيد الحساسية إلى أى درجة بتقليل فترات المقياس .

١-٣-٣ العلاقة بين الدقة والحساسية

يجب أن تُستخدم أجهزة قياس ذات حساسية جيدة لقياس الأجزاء بدقة. وليس من الضرورى أن تكون أجهزة القياس ذات الحساسية الجيدة - ذات دقة جيدة .

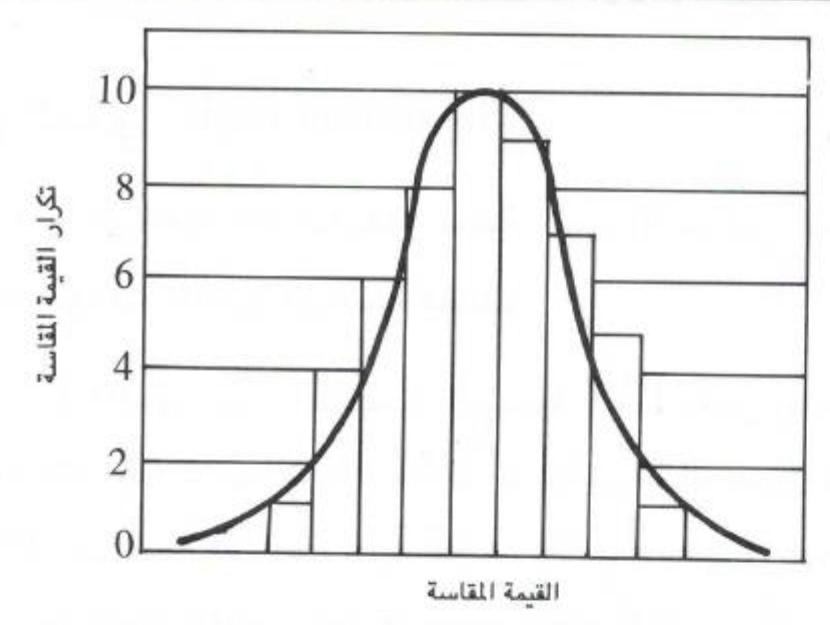
وعلى سبيل المثال ، إذا كانت الحساسية ليست بالضرورة عالية بالمقارنة مع دقة جهاز القياس ، تنحرف إبرة المبين بدرجة كبيرة مسببة عدم استقرار البيان ، وتتشتت القيم المقاسة بشدة .ويصبح مدى القياس ضيقاً، ويكون جهاز القياس صعبا . ولذلك ، يجب أن يكون لأجهزة القياس حساسية تناسب دقتها .

١-٤ معالجة القيم المقاسة Treatment of Measured Values

١-٤-١ القيمة المتوسطة والانحراف المعياري

Mean Value and Standard Deviation

يمكن حساب القيم الأكثر دقة من القيم المقاسة ذات التشتتات (الانتشار) كما في الشكل ١ - ١٠ ، عن طريق حساب القيم المتوسطة للأخطاء العرضية .



الشكل ١– ١٠ التشتت (الانتشار) Dispersion فى القيمة المقاسة

فاذا كانت القيم المقاسة $X_1, X_2, ..., X_n$، وكان عدد هذه القيم هو n . فإنه يمكن التعبير عن القيمة المتوسطة X باستخدام المعادلة التالية :

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + ... + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i \qquad (1-4)$$

وتتشتت القيم المقاسة $X_1, X_2, ..., X_n$ على الجانب الأيمن والأيسر للقيمة المتوسطة .ويستخدم الانحراف المعيارى كمعيار يبين درجة التشتت . فإذا كان الانحراف المعيارى صغيراً ، تكون الأخطاء العرضية صغيرة .

ويحسب الانحراف المعيارى σ بالمعادلة التالية :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + ... + (x_n - \bar{x})^2}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2} \qquad (1-5)$$

١-٤-٢ الرقم المعنوي Significant Digit

يعبر بشكل عام، عن القيم المقاسة بقيم عددية . غير أن معاني التعبير عن القيم المقاسة بالقيم العددية والقيم العددية الرياضية تختلف .

* فعلى سبيل المثال ،فإن القيمة العددية 12.5 تعنى رياضياً القيمة «12.5000...». إلا أنه ، إذا كانت القيمة المقاسة ℓ ، والتى تم الحصول عليها من قراءة القيمة العددية الأقل من 1 مم ،بالعين ، هى12.5 مم (لطول جزء ما) باستخدام مقياس خطي بتدريج 1 مم ،فإن المعنى الذي تعبر عنهم ℓ هو أن 12.55 مم > ℓ ≤ 12.45مم.

وإذا كانت القيمة المقاسة ℓ' ، التي تم قياسها باستخدام جهاز قياس أخر هي 12.50 مم، فإن المعنى الذي تعبر عنه ℓ' هو أن 15.505مم > ℓ' ≤ 12.495 مم.

وكما هو مذكور أعلاه ، فإن الأماكن الأخيرة للأرقام «5» و «0» (صفر)، فى القيم 12.5 و 12.50 تحتوى أخطاء ، ولكن لها بعض المعانى .وبالنسبة للقيم العددية التى تعبر عن القيم المقاسة، يكون للأعداد، باستثناء الصفر، معنى يبين الوضع، وتسمى الأرقام المعنوية .

* ويكون عدد الأرقام المعنوية فى العدد «12.5» هو ثلاثة أماكن (خانات)، بينما فى العدد «12.50» هو أربعة . ويكون عدد الأرقام المعنوية ثلاثة إذا ما كتبنا العدد 12.5 على صورة 0.0125 متر . بينما إذا كتب على صورة «12500 ميكرومتر» ، فيكون عدد الأرقام المعنوية خمسة.واذا كان عدد الأرقام المعنوية ثلاثة أماكن (خانات) ، يجب أن يكتب «125×10^2 ميكرومتر» أو «1.25×10^4 ميكرومتر» .

تمرين ١

ماهو عدد خانات الأرقام المعنوية للقيم المقاسة التالية ؟

(١) 987 (٢) 50.00 (٣) 2.50×10^4

(٤) 0.1005 (٥) 0.00164

تمرين ٢

بين مدى القيم المقاسة التالية .

(١) 12.543 (٢) 1.340 (٣) 120

(٤) 0.023 (٥) 0.01050

تمرين ٣

اكتب القيم المقاسة التالية على شكل $N \times 10^n$ بعد وضع النقطة العشرية على يمين الأرقام المعنوية ذات الموضع الأول .

(١) 0.00314 (٢) 0.000000789

(٣) 12.3×10^{-3} (٤) 8350

١–٤–٣ حسابات الجمع والطرح

Addition and Subtraction Calculations

عندما تجمع وتطرح القيم المقاسة فى العمليات الحسابية ، احسب إلى مكان واحد تحت آخر موضع للقيمة المقاسة ذات الخطأ الأكبر . ثم اعمل تقريب للمكان الأخير .

* وكمثال، فى العملية الحسابية

$$184 + 152.6 - 1.478 = 335.122$$

فى حساب القيم المقاسة ، يكون الموضع الأخير للقيمة المقاسة 184، ذات الخطأ الأكبر، هو موضع خانة الأحاد، ويتم تقريب القيمة المقاسة الأخرى بحيث يصبح أخر مكان لها هو أول موضع تحت خانة العشري، ثم يتم القيام بعمل حسابات الجمع والطرح كما يلي:

$$335 = 335.1 = 1.5 - 152.6 + 184$$

وعلى ذلك ، تصبح القياسات مثالية بإنتقاء جهاز قياس يعطى القيم المقاسة بعد ضبط مكان الموضع الأخير, عند الحاجة إلى حسابات جمع وطرح .

تمرين ٤

إذا تم وضع جـزء تزن كـتلتـه 59.5 كـجم فى صندوق كـرتون يزن1.234 كجم ، ثم وضع فى طائرة . ماهي الكتلة الكلية ؟

(الإجابة : 60.7 كجم)

١-٤-٤ حسابات القسمة والضرب

Division and Multiplication Calculations

عند إجراء عمليات القسمة أو الضرب، يتم الحساب بحيث يصبح عدد أماكن الأرقام المعنوية أكبر بواحد من عدد أماكن أقل قيمة عددية . وتضبـط الأرقام المعنوية لنفـس الدرجة بتقريب القيمة العددية للمكـان .

* **مثال** : فى العملية الحسابية الرياضية $12.3\times4.5 = 55.35$

فى حسابات القيم المقاسة، تتغير هذه إلـى:

$$12.3 \times 4.5 = 55.35 \cong 55$$

لتنضبط مع عدد أماكن 4.5 ، والتي لها أرقام معنوية ذات مكانين .

ومن الواضح أن عمليات القسمة والضرب لمكانين وأربعة من الأرقام المعنوية هى مضيعة للوقت ، ويتم تقريب القيمة العددية ذات الأربعة خانات لحساب الأرقام المعنوية ذات الخانتين وثلاثة خانات.

ويمكن التعبير عن العلاقة بين الأخطاء فى حسابات الضرب، كما تعلمنا سابقا،بالمعادلات التالية،بافتراض أن الخطأ فى القيمة المقاسة a هو Δa ، وأن الخطأ فى القيمة المقاسة b هو Δb ، وأن حاصل ضرب a ، b هو c ، وأن خطأ حاصل الضرب c هو Δc .

$$c + \Delta c = (a + \Delta a) \times (b + \Delta b)$$

وبافتراض أن $c = ab$ ، وبإهمال حاصل ضرب الكميات الصغيرة جـــداً . Δa ، Δb ، يمكن الحصول على مايأتى :

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$$

وعلى ذلك فإن :

(١) نسبة الخطأ في نتائج الضرب تساوى مجموع نسب الخطأ للقيم المقاسة .

(٢) تقليل نسب الخطأ فى نتائج الضرب لا يؤثر كثيراً، حتى في حالة تقليل نسبة الخطأ لإحدى القيم المقاسة فقط .

(٣) تكون تأثيرات القياسات عالية ومرغوبة إذا ما وضعت نسب الخطأ للقيم المقاسة المختلفة فى نفس الدرجة .

ويمكن تطبيق ماسبق على عمليات القسمة أيضاً .

تمرين ٥

احسب ما يأتى بافتراض أن القيم العددية التالية هى قيم مقاسة .

(١) $2.62 + 3.716 + 482.6$

(٢) 24.6×12.34

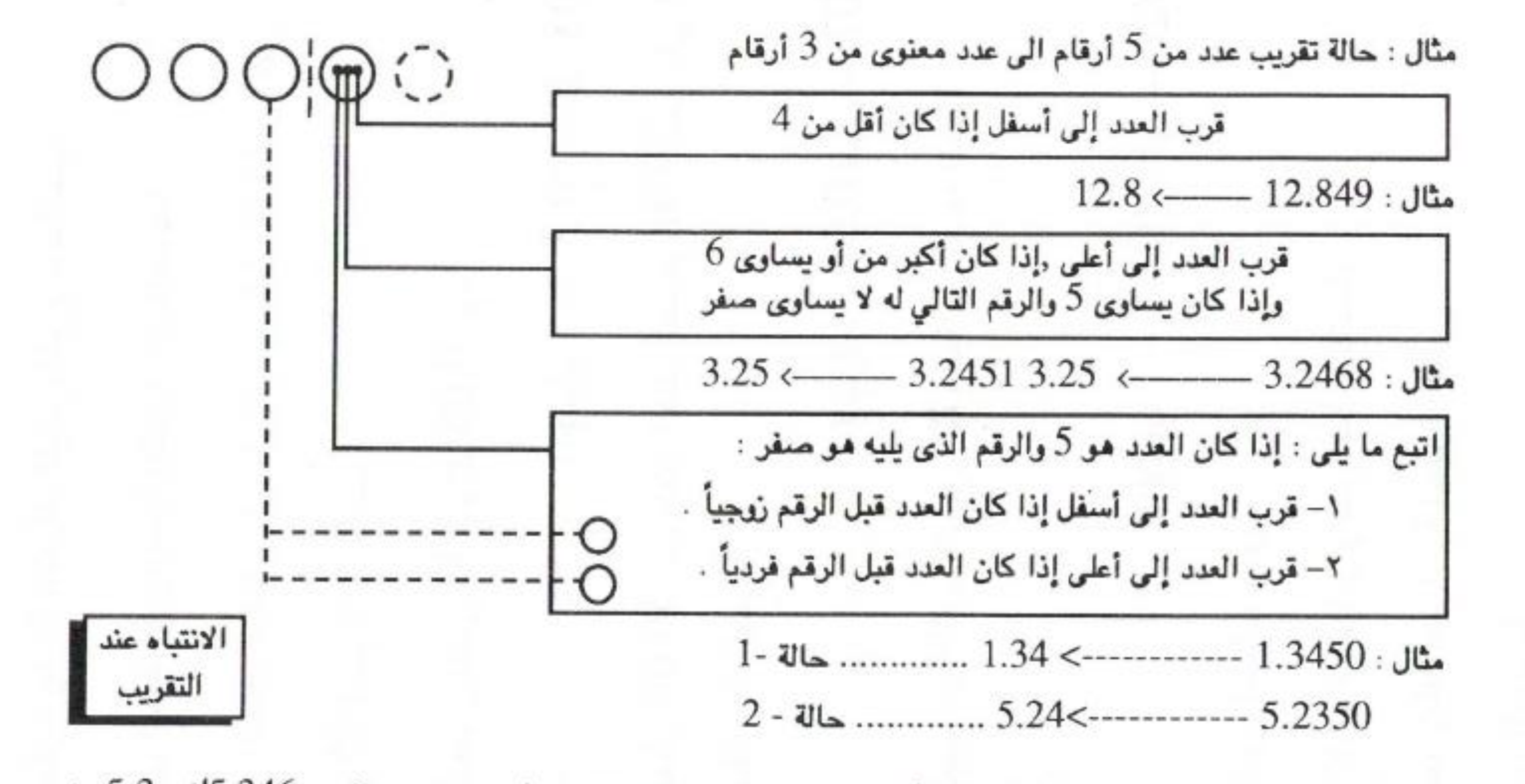
(٣) $5.73 \div$ ط (حيث ط هي $\pi = 3.14$)

(الإجابة : (١) 488.9 (٢) 304 (٣) 1.82)

عند قياس أطوال الأجزاء المراد قياسها باستخدام مسطرة ، تسمى طريقة الحصول على القيم المقاسة لهذه الأجزاء مباشرة باستخدام أجهزة قياس ، القياس المباشر .وكما فى حساب الحجم بقياس الطول ، فإن الطريقة المباشرة لقياس عدة كميات، ذات علاقات معينة مع الكميات المقاسة لاشتقاقها بالحسابات، تسمى بالقياس غير المباشر .

١-٤-٥ تقريب القيم Rounding of Values

في حالة الحصول على قيم مقاسة بقياسات غير مباشرة ،تستخدم حاسبة الكترونية أو وسائل أخرى أحياناً للتعامل مع القيم العددية، التى لها أماكن أكثر من اللازم .ولتقريب القيـــم العدديـــة إلى أرقام معنوية بعدد معين من الأماكن ، تستخدم الطريقة الموضحة فـــى الشكـل ١ – ١١ .



يجب أن يقرب العدد الأصلى بالكامل كخطوة أولى باستخدام هذه الطريقة . فمثلا يتم تقريب العدد 5.346إلى 5.3 فى شكل رقم معنوى من رقمَين ، ولكن لا يقرب إلى 5.346 ——> 5.35 ——> 5.4

إرجع الى Jisz 8401 1961

الشكل ١ - ١١ تقريب القيم العددية Numerical Values

تمرينـــات

١ – هات أمثلة للطريقة الصفرية وطريقة الانحراف للقياس واشرح خصائصهما.

٢ – هات أمثلة لطرق القياس التناظرية والرقمية واشرح خصائصهما.

٣ – احسب نسب الخطأ فى النسب التالية . وأى طريقة منها لها دقة قياس أكبر؟

(١) قياس طول تلميذ هو 165سم ± 0.5 سم .

(٢) قياس مسافة جري للعب رياضى 100م ± 0.05 م.

(الإجابة : ± 0.3٪ ، ± 0.05٪)

٤ – تم محاولة بناء عمود بقطر 30.00 مم، ولكن القطر أصبح 29.98مم على الطبيعة .ماهو الخطأ ونسبة الخطأ لهذا العمود؟

(الإجابة :- 0.02 مم ، - 0.07٪)

٥ – إذا استخدم 3.14 للتعبير عن الثابت الدائرى π، فما هي نسبة الخطأ ؟

$$\pi = 3.1415926356$$

(الإجابة : - 0.05٪، أي - 1/20٪)

٦ – اذكر أنوا ع الأخطاء واشرح أسباب حدوثها .

٧ – عرف الحساسية والدقة لأجهزة القياس واشرحهما باختصار .

٨ – اشرح المزايا والعيوب عند زيادة حساسية أجهزة القياس .

٩ – اشرح خصائص الأخطاء العرضية .

الفصل الثاني

استخدام أجهزة قياس الطول
INSTRUMENTATION OF LENGTH

٢– ١ وحدات الأطوال ومعاييرها

Units of Lengths and their Criteria

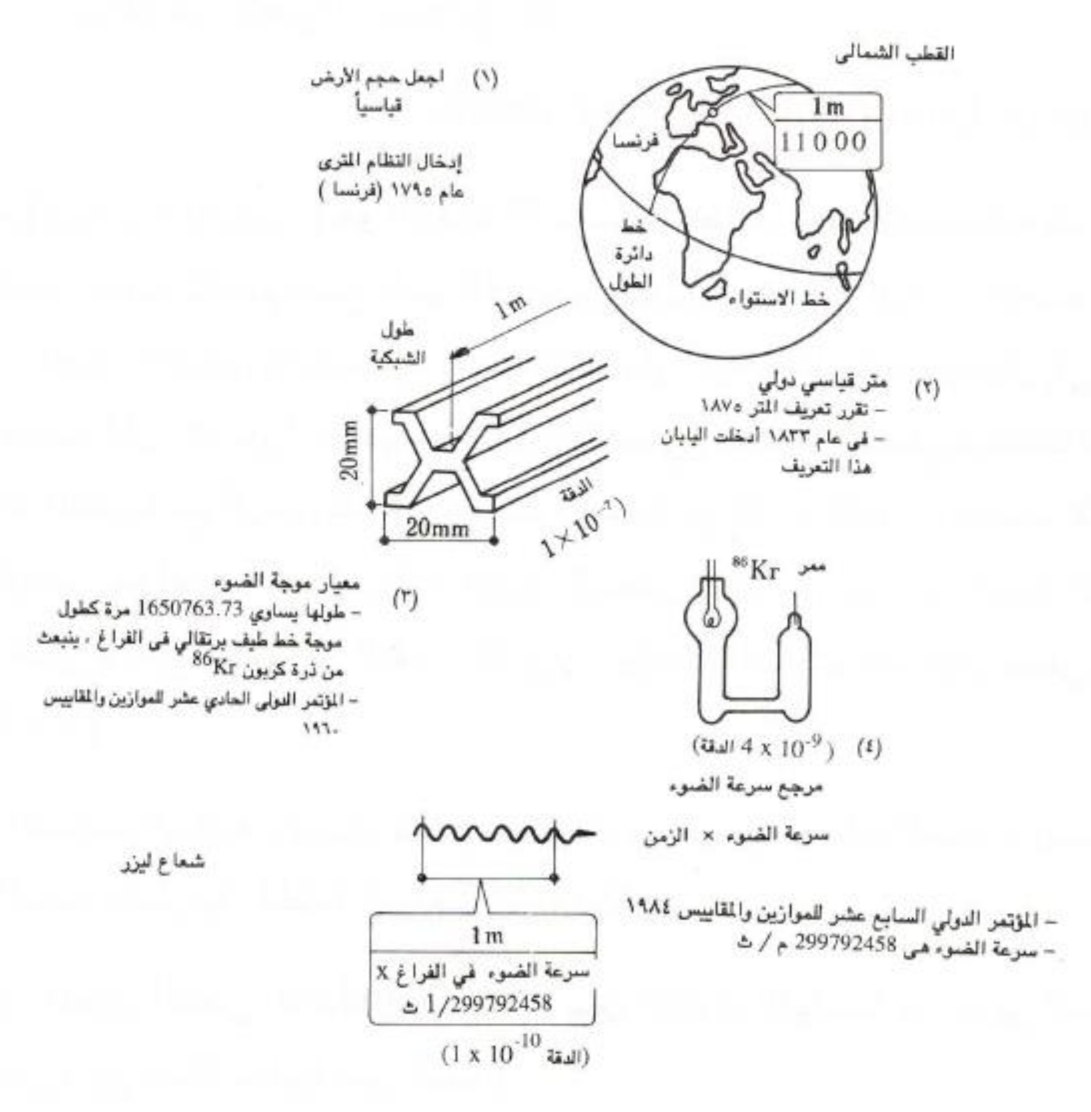
المتر(ويرمز له بالرمز م) هو الوحدة الأساسية للأطوال . ولقد تم تعريفه منذ 200 سنة مضت ، وبعد ذلك تم وضع المتر القياسيّ الدوليّ. ومنذ ذلك الوقت ، تقدمت تقنية استخدام أجهزة القياس والتشغيل ، واستعمل معيار الموجة الضوئية للوصول إلى حدود الدقة ، حيث كان المعيار الأصليّ هو المعيار الخطيّ (المقياس الخطيّ)،وكذلك لتجنب التغيرات الناتجة مع الزمن،ونتيجة للتقدم الحديث فى تقنية الليزر ، فقد تقرر استعمال «سرعة الضوء فى الفراغ × الزمن» كمعيار للطول باستخدام الأطوال الموجية لأشعة الليزر ، التى تتفوق فى الدقة ، والاتزان ، وإعادة إنتاجها كمعيار عمليّ (أنظر الشكل ٢ – ١) .

فى المصانع الحالية ، لايمكن قياس الأطوال عن طريق سرعات الضوء ، وتستعمل المعايير الخطية والطرفية المختلفة كمراجع ثانوية للأطوال .

(١) المعيار الخطى Line Standard: يبين الأطوال القياسية عن طريق المسافات المحفورة بين شبكة خطوط على السطح .

(٢) المعيار الطرفي End Standard : يبين الأطوال القياسية والزوايا عن طريق المسافات أو المواضع بين حافتين .





الشكل ٢ – ١ معيار الطول

٢ – ١ –١ المرجع الثانوي باستخدام المعيار الخطي

Secondary Reference by Line Standard

تستعمل المقاييس المعيارية والقدمة ذات الورنية كأجهزة قياس بسيطة للأطوال بدقة جيدة نسبياً في المصانع .

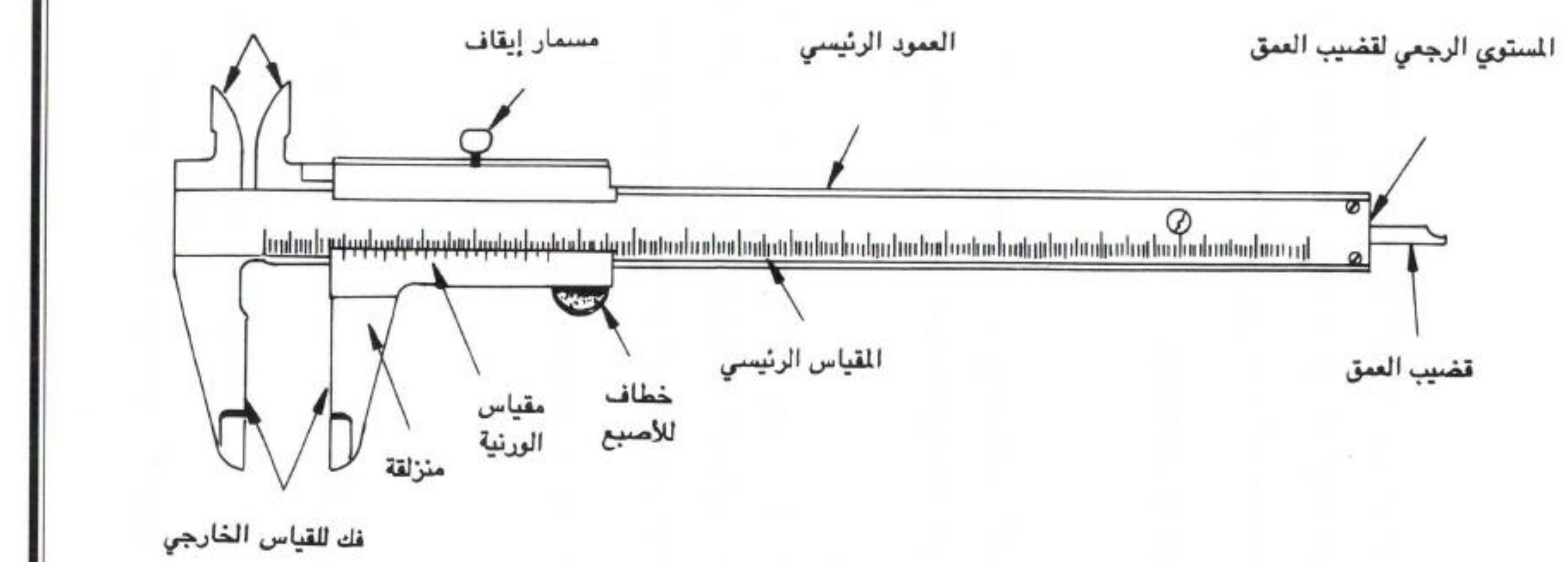
[١] القدمة ذات الورنية Vernier Caliper

هى أحـد أنواع قدمات القياس التى تستعمل لقياس الأبعاد الخارجية والداخلية والأعماق ، وهي تستخدم بكثرة فى المصانع وأماكن أخرى . وفي المواصفات الصناعية اليابانية (JIS) ، توجد الأنواع M (انظر الشكل٢–٢) و CM . وهي ذات ورنية لقراءة كسور مقياس القدمة بدقة .

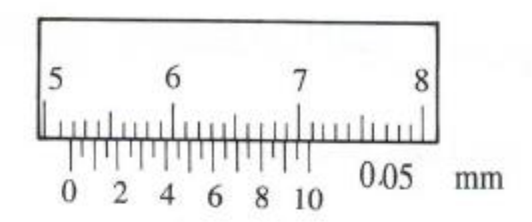
وبشكل عام ، تقوم الورنيات بتقسيم عدد $(n - 1)$ من فترات القياس على القدمة ، إلى n من الأقسام بالتساوي. ويبين الشكل ٢ – ٣ كيفية قراءة الورنية .

[٢] المقياس المعيارى Standard Scale

المقياس المعيارى له مقطع على شكل"H"(انظر الشكل٢–٤) أو مستطيل. والمقياس المعيارى عبارة عن مقياس خطى ذي دقة جيدة ، محفور مقياس على جانبه المتعادل . وللقراءة ، يستعمل مجهر أو النوع الاسطواني لتكبير المقياس ضوئياً .



الشكل ٢-٢ قدمة ذات ورنية (النوع M) والأجزاء المختلفة

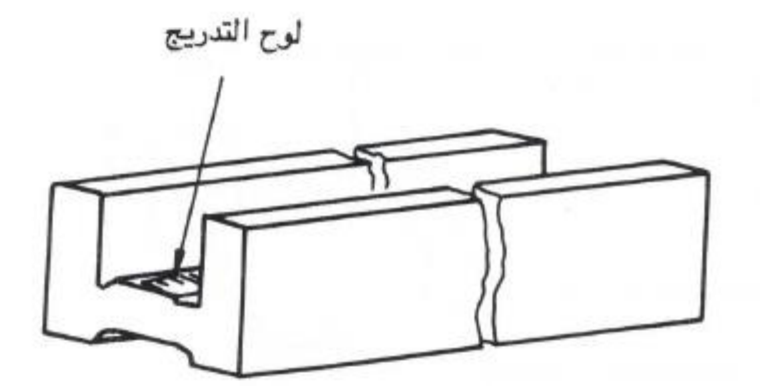


1- قراءة المقياس على العمود الرئيسى ----> 51 mm

2- قراءة القيمة على مقياس الورنية المناظر للمقياس الرئيسى ----> 0.80 mm

3- القيمة المقاسة ----> 51.80 mm

الشكل ٢-٣ طريقة قراءة القدمة ذات الورنية



المادة مصنوعة أساساً من الصلب والمقياس المعياري يستخدم في آلة قياس الطول الضوئية وهو مصنوع من الزجاج . ويتقارب معامل التمدد الطولي له مع ذلك للصلب .

الشكل ٢-٤ المقياس المعيارى

٢-١-٢ المرجع الثانوي باستخدام المعيار الطرفي

Secondory Reference by End Standard

[١] قالب القياس المعياري Block Gauge

تستخدم قوالب القياس المعيارية في المصانع وأماكن أخرى كمرجع للأطوال ، وهي تصنع من الصلب المقسى .وكما يتضح في الشكل ٢-٥، يكون جانب القياس على شكل مستطيل . والأحجام الاسمية هي الأطوال المختلفة.وقد تم تجليخ وتحضين أسطح الحافتين اللتين تحددان البعد الاسمي.

العدد	مرحلة الأبعاد	[mm] مراجع الأبعاد مم
1	-	1.005
49	0.01	1.01, 1.02, ···, 1.49
49	0.5	0.5, 1.0, ···, 24.5
4	25	25, 50, 75, 100

مراجع الأبعاد مم
جانب القياس
50
9
35
(50)
3
30
9
مراجع الأبعاد أكبر من 5.5 مم
مراجع الأبعاد أقل من أو تساوى 5.5 مم

الشكل ٢-٥ أشكال وأبعاد مجموعة من 103 قالب قياس معياري

وقد تم تشطيب التوازي والتسطح والمسافات بدرجة ضبط خاصة عالية. وكما فى الجدول ٢-١ ، يقسم الـ JIS قوالب القياس المعيارية إلى أربع درجات ، وهذه الدرجات هى 00 ,0 ,1 ,2 لتحديد درجة الضبط. وتستعمل الدرجة 00 أساسا كمراجع ، والدرجات 0، 1 لاختبار درجة الضبط وكذا ضبط المقاييس وأجهزة القياس، بينما تستخدم الدرجة 2 للفحص والتشغيل فى المصانع .

تستعمل قوالب القياس المعيارية فى تجميعات من 112 ,103 ,76 وأعداد أخرى لتناسب الاستخدامات المختلفة .ويمكن تجميع قوالب القياس المعيارية بجعل حافاتها في تلامس محكم . وعلى ذلك ، يمكن تجميع قوالب القياس المعيارية بطرق مختلفة للحصول على عدد كبير جدا من مراجع الأبعاد .

* يمكن أن تعطي مجموعة من 103 قالب قياس معياري مراجع أبعاد لأى أطوال بين 2 مم و 900مم تقريبا على فترات مقدارها 0.005 مم .

ويمكن أن تستعمل قوالب القياس المعيارية بالتجميع مع الأجهزة المساعدة المختلفة فى تحديد المواضع وتخطيط الأبعاد بواسطة معدات قياس درجة الضبط ، وكذلك فى تصحيح واختبار أجهزة القياس، وفى فحص المنتجات، وكمقاييس طرفية باستخدام الأجهزة المكملة لها . ويمكن أن تستخدم فى تطبيقات واسعة جداً .

A : تفاوت الأبعاد (±)
(أكبر من 100 يحذف)

B : تفاوت التوازي
(الوحدة : ميكرومتر)

الدرجة 2		الدرجة 1		الدرجة 0		الدرجة 00		الدرجة / المراجع البعيدة مم
A	B	A	B	A	B	A	B	
± 0.45	0.30	± 0.20	0.16	± 0.12	0.10	± 0.06	0.05	من 0.5 إلى 10
± 0.60	0.30	± 0.30	0.16	± 0.14	0.10	± 0.07	0.05	من 10 إلى 25
± 0.80	0.30	± 0.40	0.18	± 0.20	0.10	± 0.10	0.06	من 25 إلى 50
± 1.00	0.35	± 0.50	0.18	± 0.25	0.12	± 0.12	0.06	من 50 إلى 75
± 1.20	0.35	± 0.60	0.20	± 0.30	0.12	± 0.14	0.07	من 75 إلى 100

(إرجع إلى JIS B 7506 - 1978)

الجدول ٢-١ تفاوتات الأبعاد والتوازي لقوالب القياس المعيارية

تمرين ١

كوِّن البعد 61.025 مم باستخدام مجموعة الـ 103 قالب قياس معياري .

(قم بعملية التجميع بأقل عدد من قوالب القياس المعيارية بالتتالي، بدءاً بأعداد الأماكن الأقل).

٢ –٢ الأخطاء فى قياس الطول

لقد تعلمنا مما سبق ، أن الأخطاء تحدث عندما تتداخل أسباب مختلفة . ويمكن تقليل الأخطاء بتفهم أسباب حدوثها وخصائصها . وينطبق هذا على قياس الأطوال أيضاً .

٢–٢–١ أخطاء أجهزة القياس

[١] تأثيرات الحرارة Effects by Temperature

يتأثر قياس الطول كثيراً بدرجة الحرارة أثناء القياس ،ويجب أن تتم مراقبة درجة الحرارة بعناية واهتمام .

فتتمدد الأجسام أو تنكمش على حسب التغيرات فى درجة الحرارة . وبفرض أن التغير فى درجة الحرارة هو Δt ، وأن استطالة الجزء ذي الطول ℓ هو $\Delta \ell$ ،وأن معامل التمدد الطولي هو α ، يمكن التعبير عن الاستطالة بالمعادلة التالية :

$$\Delta \ell = \ell \,.\, \alpha \,.\, \Delta t \qquad (2\text{-}1)$$

وتحدد الـ JIS درجات الحراره القياسية بـ20 ^{o}م ، 23 ^{o}م و 25 ^{o}م. وعادة يفضل إعداد غرفة خاصة ذات درجة حرارة معيارية لاستخدامها في عمليات القياس بدرجة دقة جيدة .

* ويمكن ضبط درجة حرارة ورطوبة الغرفة لتكون ثابته أوتوماتيكياً، تبعاً للحالة القياسية .

[تعين الـJIS Z 8703 – 1983، الحالة القياسية كما يلى : درجة الحرارة القياسية 20 ^{o}م، 23 ^{o}م،25 ^{o}م، والرطوبة القياسية بـ50 أو65٪ ، والضغط الجوي القياسى بـ 86 kPa (0.849 جوي) أو أعلى و 106 kPa (1.046 جوي) أو أقل].

ويمكن حساب طول الجزء ℓ_s المطلوب قياسه عند درجة الحرارة القياسية باستعمال المعادلة التالية، إذا كانت درجة حرارة المقياس المعياري أو الجزء المطلوب قياسه ليست هي درجة الحرارة القياسية (بافتراض أنها t_o درجة مئوية).

$$\ell_s = \ell \{ 1 + \alpha_s (t_s - t_o) - \alpha (t - t_o)\}$$

حيث α_s : معامل التمدد الطولي للمقياس المعياري [^{o}م $^{-1}$] .

α : معامل التمدد الطولي للجزء المطلوب قياسه [^{o}م $^{-1}$] .

t_o : درجة الحرارة القياسية (20 ^{o}م، 23 ^{o}م،25 ^{o}م) .

ℓ : طول الجزء المطلوب قياسه عند t [^{o}م] .

t_s : درجة حرارة المقياس المعيارى [^{o}م] .

t : درجة حرارة الجزء المطلوب قياسه [^{o}م]

وفي حالة تساوي معاملي التمدد الطولي للمقياس المعياري والجزء المطلوب قياسه ستكون النتيجة $\ell_s = \ell$ ، ولن يحدث خطأ نتيجة درجة الحرارة، عند إجراء القياسات عند نفس درجة الحرارة ، حتى ولو لم تجر القياسات عند درجة حرارة قياسية. وعلى ذلك ،

يجب أن يكون المقياس المعيارى الذى يستخدم مع جهاز القياس مصنوعا من مادة لها معامل تمدد طولى يساوى مثيله للجزء المطلوب قياسه ،بقدر الإمكان .

تمرين ٢

عند استخدام قوالب قياس معيارية ذات بعد إسمى 100مم (معامل التمدد الطولى هو 11.5×10^{-6} ° م$^{-1}$)، زادت درجة الحرارة من 20^{o}م إلى 25^{o}م نتيجة حرارة اليد . ماهو البعد الجديد ؟

(الإجابة : 100.00575مم)

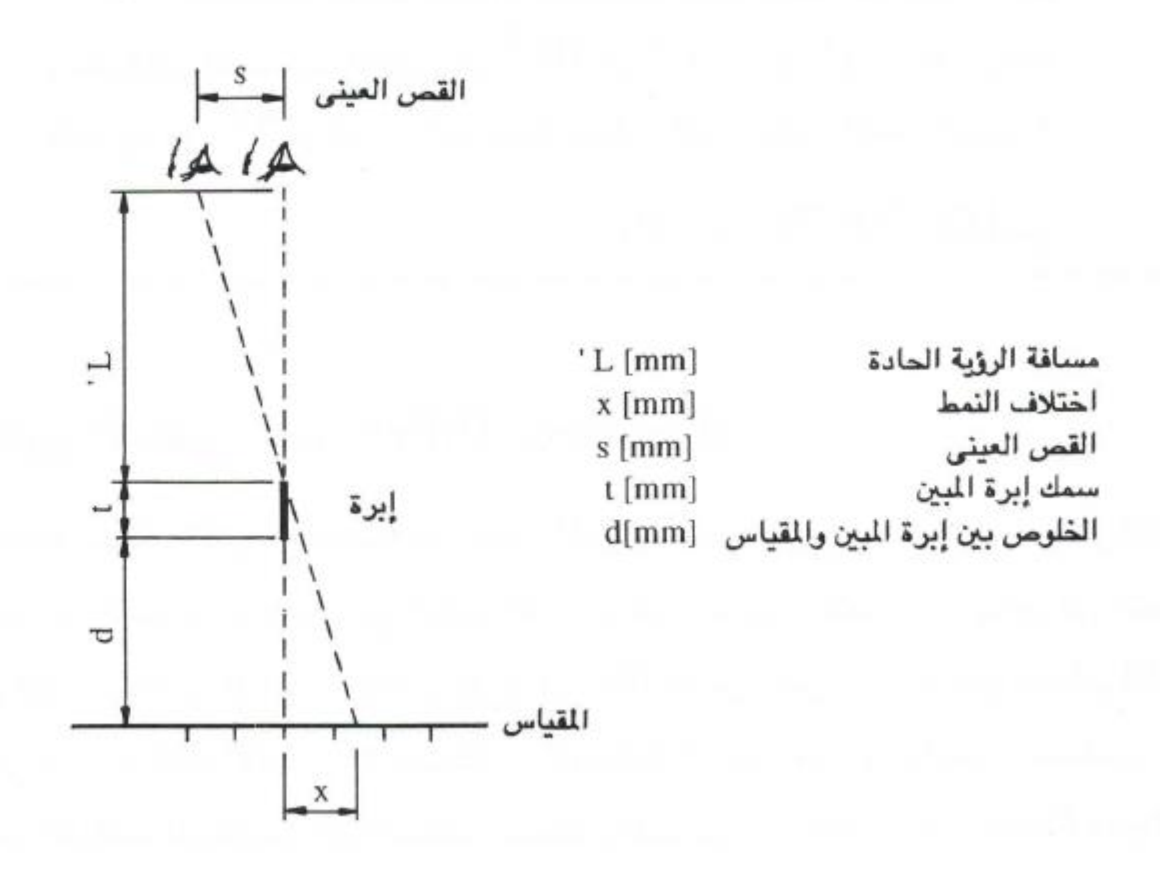
[٢] الفرق التخلفي Hysteresis Difference

أحيانا تختلف القيمة المقاسة من الوقت الذى تم فيه تحريك عنصر القياس فى اتجاه زيادة قراءة المقياس (ذهاب) إلى الوقت الذى تم فيه تحريك عنصر القياس فى اتجاه تناقص قراءة المقياس (إياب/ عودة/رجوع) فى حالة قياس نفس الجزء.وتنتج أسباب الفرق التخلفي من احتكاك الأجزاء المتحركة ، والمسافة الارتجاعية (الخلوص الصغير بين العناصر المتوافقة لتجعل دوران العجلات المسننة والمسامير المسننة ...الخ ، ناعماً) للعجلات المسننة أو المسامير المسننة .

[٣] اختلاف المنظر Parallax

تحدث أخطاء القراءة أحيانا تبعاً لوضع العين عند الحصول على القيم المقاسة من الكميات المتحركة لإبرة المبين ، التي تتحرك على قرص المقياس. يسمى هذا اختلاف المنظر

. وينتج بسبب عدم وجود المقياس وإبرة المبين على نفس المستوى، كما فى الشكل ٢-٦ . وتستعمل طرق متعددة لتحاشي اختلاف المنظر. وعلى سبيل المثال ، إحدى الطرق المستخدمة لقراءة المقياس هو أن تقرأ في موضع ، بحيث تكون إبرة المبين وصورتها المسقطة على مرآة متطابقتين، (باستخدام مرآة) .



الشكل ٢-٦ اختلاف المنظر

* يبين الشكل ٢-٦ العلاقة بين القص العينى واختلاف المنظر. ويمكن التعبير عن اختلاف المنظر X (مم) بالمعادلة التالية :

$$X = \frac{s\ (t + d)}{l} \qquad (2\text{-}3)$$

تمرين ٣

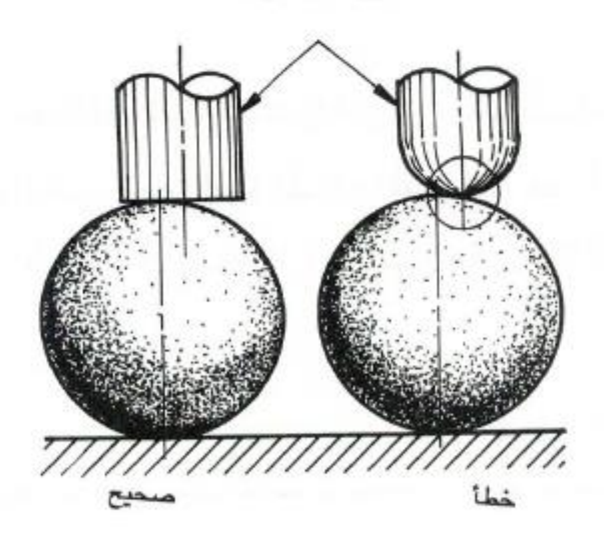
ماهو خطأ اختلاف المنظر، بافتراض أن سمك (ثخانة) إبرة المبين هو0.5 مم، والخلوص بين إبرة المبين والمقياس هو 1 مم، والقص العينى يساوى 15 مم، ومسافة الرؤية الحادة هي 250مم ،كما فى الشكل ٢-٦.

(الإجابة : 0.09 مم)

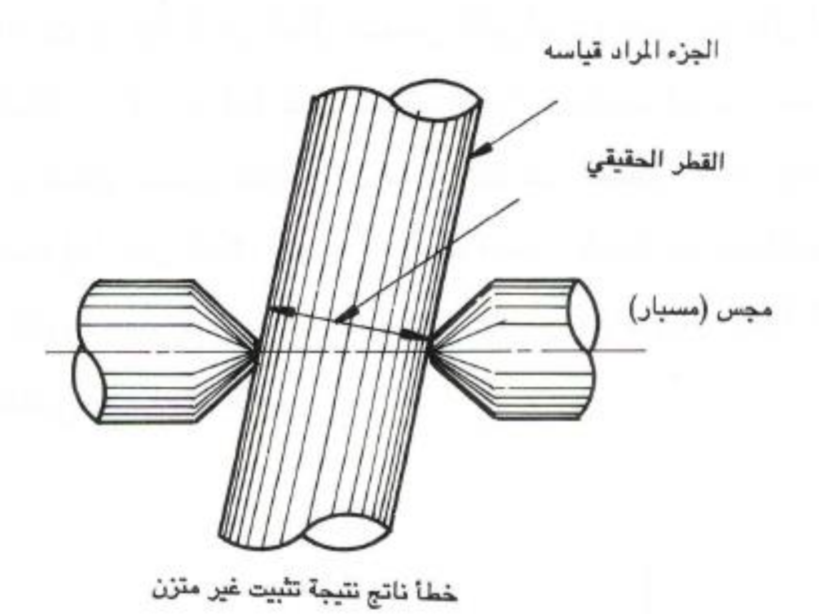
٢- ٢-٢ أخطاء أجهزة القياس والأجزاء التى يتم قياسها

[١] أخطاء التلامس Contact Errors

تحدث أخطاء التلامس إذا كان شكل عنصر القياس لايناسب شكل الجزء المطلوب قياسه ،كما في الشكل ٢-٧ ، أو إذا كان مسند الجزء المطلوب قياسه ضعيفا أو غير مستقر ، حتى لو كان شكل عنصر القياس مناسباً كما فى الشكل ٢-٨. ويستخدم عنصر قياس ذو حافة مسطحة إذا كان شكل الجزء المطلوب قياسه كرويًا ، ويستخدم عنصر قياس ذو حافة سكينة إذا كان اسطوانيا، بينما يستخدم عنصر قياس ذو حافة كروية إذا كان مسطحًا ، ليمكن تحاشي أخطاء التلامس .



الشكل ٢-٧ قياس قطر كرة



الشكل ٢-٨ قياس قطر اسطوانة

[٢] تأثيرات قوة القياس Effects of Measuring Force

بشكل عام ، يتم تثبيت الجزء المطلوب قياسه بين نهاية ثابتة ونهاية متحركة (عنصر قياس) لجهاز القياس ، ويقاس الطول عن طريق مقدارإزاحة النهاية المتحركة .

وعلى ذلك ، يجب استخدام قوة على عنصر القياس لضمان تلامس الجزء المطلوب قياسه وعنصر القياس . تسمى هذه القوة قوة القياس أو ضغط القياس .

وتعمل قوة القياس التي تؤثر على عنصر القياس ، حتى ولو كانت صغيرة جداً ، كضغط كبير على نقطة التلامس لأن مساحة التلامس بين عنصر القياس والجزء المطلوب قياسه صغيرة جداً. ولهذا السبب ، يحدث تشوه مرن موضعي على مستويَيْ التلامس، وتكون القيمة المقاسة أقل من البعد الحقيقي ،(انظر الشكل ٢-٩) .

تمرين ٤

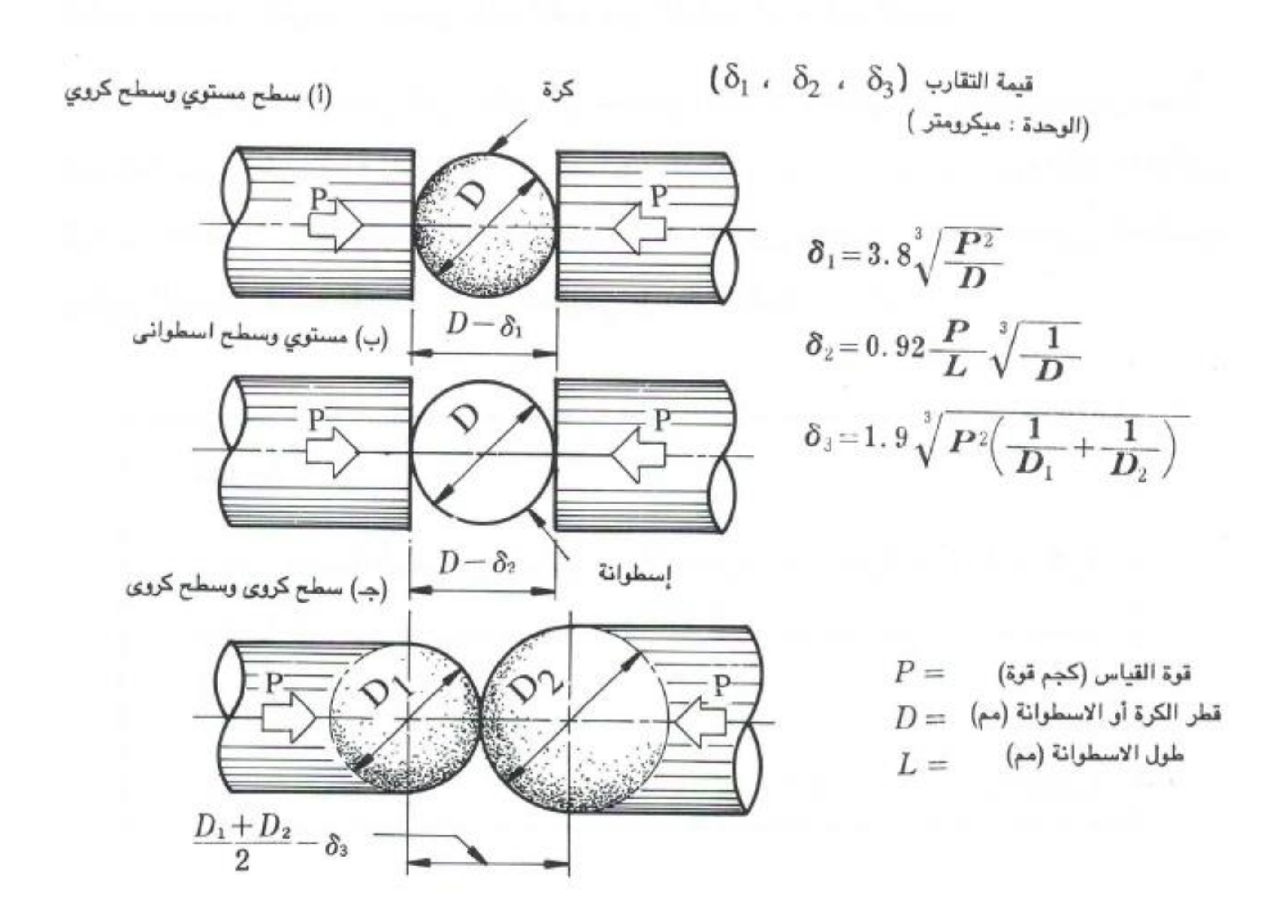
ماهي قيمة التقارب الناتج من التشوه المرن للكرة عند وضع كرة قطرها 15 مم بين مستويين ،وعندما يكون ضغط القياس المستخدم 2.5 كجم قوة؟

(الإجابة : 2.8 ميكرومتر)

[٣] التشوه الناتج من حمل ساكن (ثقل) Deformation by Dead Load

عند تثبيت جزء طويل نسبيا أو معيار على نقطتين عن طريق حواف سكينة أو اسطوانات ، ينحنى الجزء أو المعيار بسبب الحمل الساكن ، إذا كانت طريقة التثبيت غير

مناسبة ، وهذا يسبب خطأً . ولذا يتم تثبيت الجزء أو المعيار في وضع ، مثل ذلك بين نقطتي بِسِل وإيري (كما فى الشكل ٢-١٠)، لتقليل هذه الأخطاء .

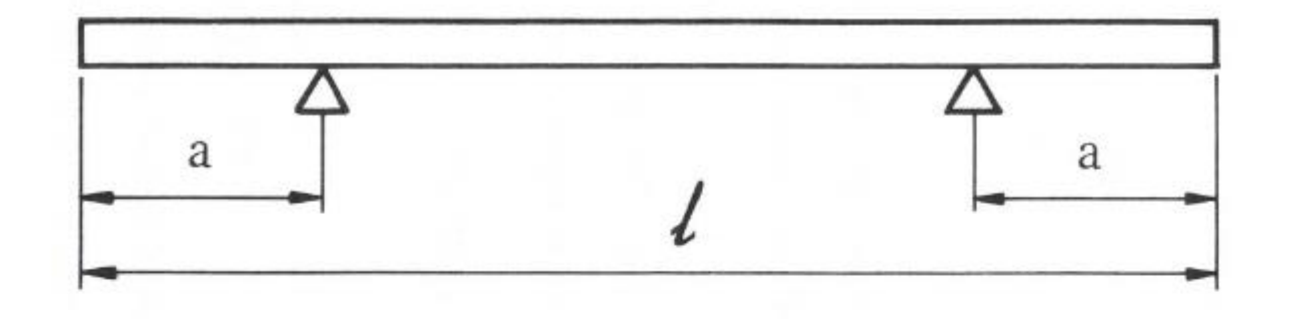


الشكل ٢-٩ مقدار التقارب بواسطة تشوه مرن

نقطة بسل : كمقياس معياري ، فى حالة تثبيت معيار خطى مع مقياس على المستوي المتعادل ، تكون نقطة بسل هي موضع نقطة الارتكاز ، حيث يكون خطأ المسافة بين المقياسين أقل ما يمكن . إذا كان الطول الكل هو ℓ فإن : $a = 0.2203\,\ell$

نقطة إيري : كقالب قياس معياري أو مقياس قضيبي، عند تثبيت مقياس ذي أطراف متوازية أفقياً تكون نقطة إيري هي موضع نقطة الارتكاز ، حيث يصبح الطرفان رأسيين . $a = 0.2113\,\ell$

* المقياس : هو المقياس الذي يبين المسافة بين سطحي الحافتين اللتين تعتبران أسطح قياس .



الشكل ٢-١٠ نقطة بسل ونقطة إيري

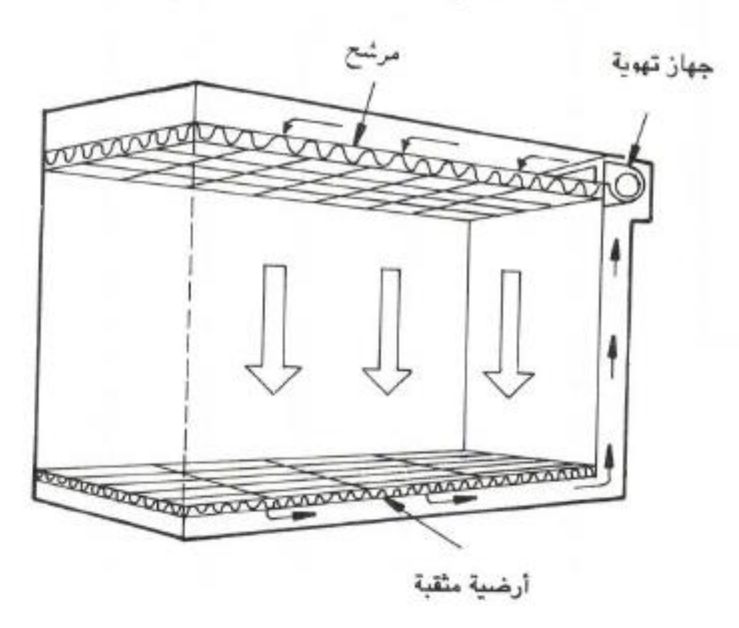
تمرين ٥

عند أي نقطة يجب تثبيت المعيار والمقياس عند قياس طول باستخدام مقياس عياري ومقياس قضيب طوله 0.5 متر ؟

(الإجابة : 110.15 ، 105.65 مم من كلتا النهايتين)

٢ – ٢ – ٣ التأثيرات الأخرى

تؤثر الذرات الدقيقة والعضوية في الهواء تأثيراًعكسياً على استخدام أجهزة القياس فى الصناعات الدقيقة ، وفى الاختبارات والفحوصات في عمليات التصنيع للمكونات الالكترونية ، والأدوية ، والأغذية وفى صناعات أخرى، وفى المستشفيات ومعامل الأبحاث . وتتطلب هذه الأماكن أجواء محيطة نظيفة. وعلى ذلك ، تستخدم الغرف المكيفة الهواء (غرف نظيفة) المجهزة بمرشحات هواء خاصة لهذه الأغراض ،(انظر الشكل ٢–١١) .



يدفع الهواء النظيف من السقف ثم يتم تجميعه خلال الأرضية. في أكثر الحالات نظافة، يكون هناك 100 أو أقل من الجسيمات ذات قطر أكبر من أو يساوي 0.5 ميكرومتر في القدم المكعب .
* ١ قدم = 30.48 سم
(المواصفات الوطنية الأمريكية)

الشكل ٢–١١ غرفة نظيفة

٢-٣ استخدام أجهزة القياس الميكانيكية

Mechanical Instrumentation

تقـاس الأطـوال بمقارنـة الطـول المطلـوب قياسه مـع طول مرجعي (وحـدة طول) وتحديد عدد وحدات الطول فيها . وفي هذه الحالة ،كثيراً ما تجرى المقارنة بالتكبير أو التصغير إلى الدرجة المناسبة (درجة التكبير والتصغير) للنظر بدون مقارنة الطول المطلوب قياسه مباشرة .

٢ - ٣- ١ استخدام المسامير المسننة والعجلات المسننة

Utilization of Screws and Toothed Wheels

[١] **الميكرومتر** Micrometer

يحول الميكرومتر الإزاحة الخطية إلى زاوية دوران باستعمال مسمار مسنن ، ويضخمها. يتحرك المسمار خطوة واحدة خلال لفة واحدة، وتقدر قيمة الحركة ℓ (مم) له بالمعادلة التالية :

$$\ell = \frac{P\theta}{360} \qquad (2\text{–}4)$$

حيث P : خطوة المسمار (مم) .

θ : زاويه الدوران (درجة) .

ولذلك ، تكون حركة نصف القطر r (مم) على اسطوانة هي $2\pi r$ لكل لفة من حركة خطوة واحدة للمسمار. ويمكن التعبير عن نسبة التكبير بالمعادلة الآتية :

$$m = \frac{2\pi r}{P} \qquad (2\text{–}5)$$

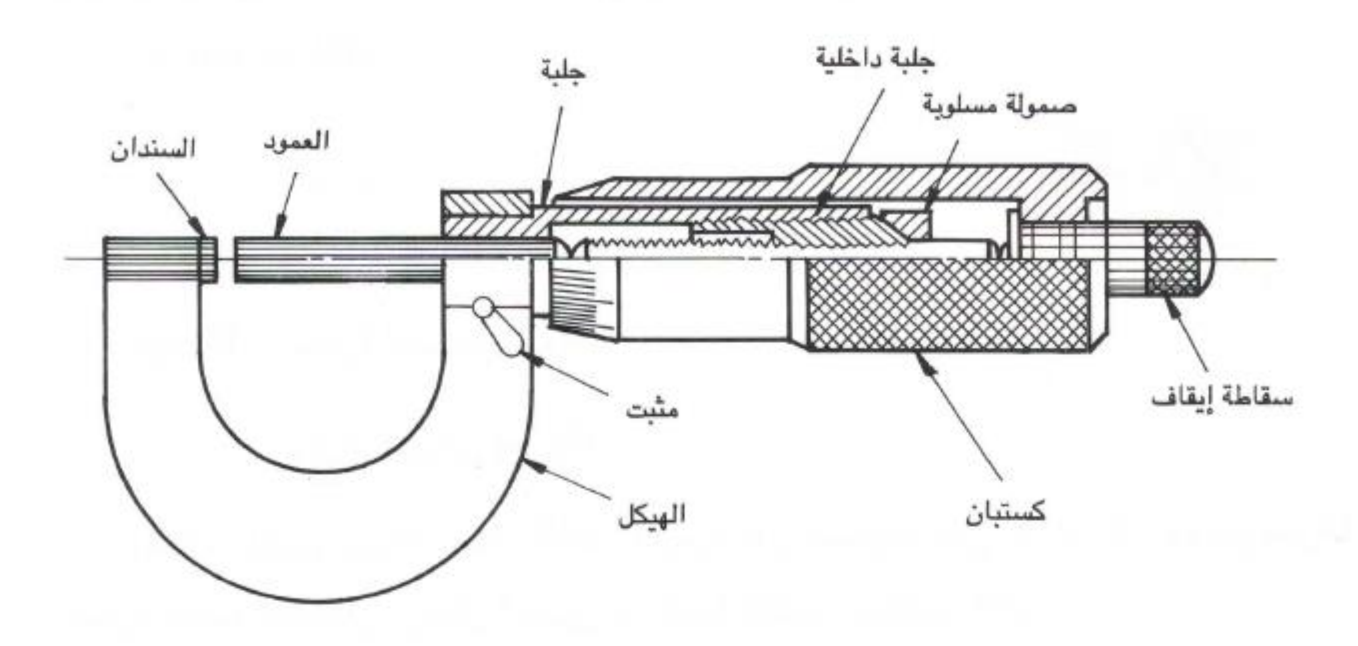
ويبين الشكل (٢-١٢) تركيب الميكرومتر الخارجى.

وفى الشكل ، تكون خطوة المسمار 0.5 مم ، ويقسم المقياس الاسطوانيّ على الكستبان إلى 50 قسماً متساوياً. وعلى ذلك ، يكون كل قسم من المقياس يساوي $0.5 \times \frac{1}{50}$ أي يساوي 0.01 مم .

تمرين ٦

إذا كانت خطوة مسمار الميكرومتر 0.5 مم.فما هو نصف قطر الكشتبان، إذا أردنا أن نقرأ إزاحة العمود ومقدارها 10 ميكرومتر كـ 1مم ، أي كقسم واحد من المقياس على المحيط ؟

(الإجابة: 7.96 مم



الشكل ٢-١٢ تركيب الميكرومتر

تستعمل سقاطة إيقاف لتجعل قوة القياس ثابتة. وتضبط قوة القياس في المدى من 510 إلى 1530 جم قوة .

وتتحدد دقة الميكرومتر من توازى واستواء أسطح القياس للعمود والسندان، وبقوة القياس ،وخطوة المسمار وعناصر أخرى . فتؤثر أخطاء الخطوة في الدقة كثيراً . ولهذا السبب ، يكون مدى القياس محدوداً بـ 25مم إلى 50 مم . ويبين الجدول ٢-٢، مثالا لدقة الميكرومتر. وتنقسم أنواع الميكرومتر إلى الميكرومتر الخارجي ،وهو أكثرها استخداماً لقياس القطر الخارجي ، والميكرومتر الداخلي لقياس القطر الداخلي ، وميكرومتر العمق ، وميكرومتر قياس سماكة أسنان العجلات المسننة ، وميكرومترالمسامير المسننة ، ويستخدم لقياس القطر الفعلي للمسمار،وأنواع أخرى.

(في حالة قياس أقصى طول في حدود 50 مم)
A : خطأ في الجهاز B : الخطأ الكلي

مدى القياس (مم) ①	أقصى طول للقياس (مم)	استواء قطعة القياس عدد التداخلات ②	توازي اسطح القياس ③	A ④	B ⑤
25 أو أقل	50 أو أقل	2	2 (6)	± 2	± 4
50	50 أو أقل	2	2 (6)	± 4	± 6

ملحوظة : العدد في هذا الجدول عبارة عن العدد التقريبي لهُدب التداخل التي تكافىء استواء سطح القياس

(ارجع الى JIS B 7502-1979)

① مدى القياس للعمود .

② انظر ص 60 , 59 .

③ انظر ص 54 , 53 .

④ تطرح القيمة الحقيقية من قراءة الميكرومتر .

⑤ يشمل جميع الأخطاء الناتجة من عدة عوامل .

الجدول ٢-٢ دقة الميكرومتر الخارجي

[٢] المقياس القرصيّ المدرج Dial Gauge

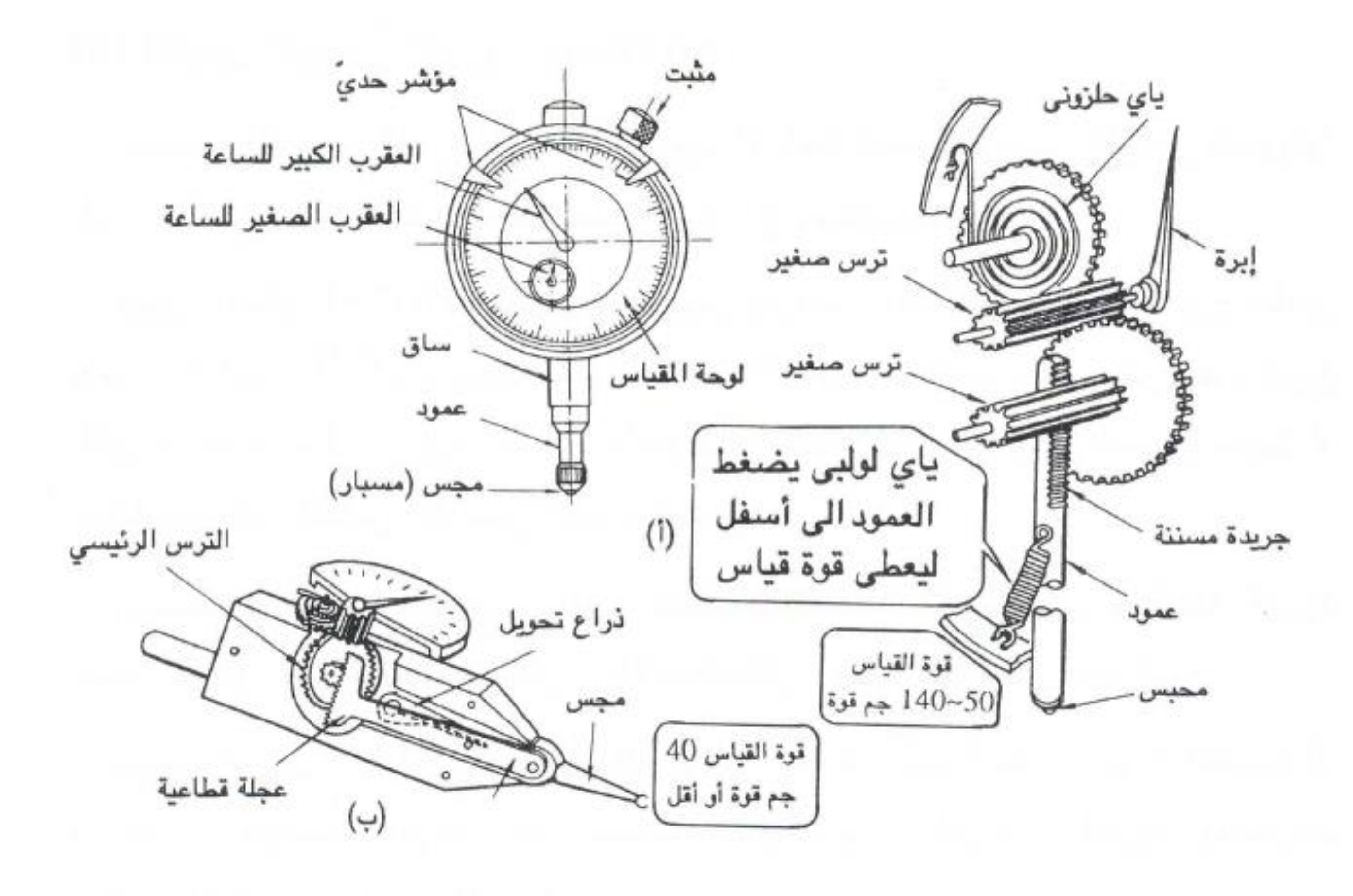
المقياس القرصيّ المدرج هو مقياس يبين الإزاحة الخطية لعنصر القياس بتحويلها إلى زاوية دوران مستخدما عجلة مسننة أو ذراع ، وتكبيرها .

ويبين الشكل ٢-١٣(أ)، المظهر الخارجي وتركيب مقياس قرصى مدرج عاديّ بفترات قياس 0.01 مم، بينما يبين الشكل٢-١٣(ب)، مقياس قرص مدرج من النوع الذى يستخدم أذرع، ويستخدم داخل ثقب صغير أو فى مكان ضيق، حيث لا يمكناستخدام المقياس القرصيّ المدرج العاديّ .

ويستخدم المقياس القرصيّ المدرج عجلة مسننة كآلية تكبير، وهو ذو أخطاء كبيرة نتيجة الشكل غير المنتظم للأسنان ، بالإضافة إلى أخطاء الخطوة واللامركزية .

ويكون البيان بالمقياس القرصيّ المدرج غير مستقر نتيجة تشوه أدوات التثبيت،أو أنه يكون معرضاً لحدوث أخطاء نتيجة وضع المقياس القرصيّ المدرج ، وتغيرات عناصر القياس فى اتجاه الحركة .

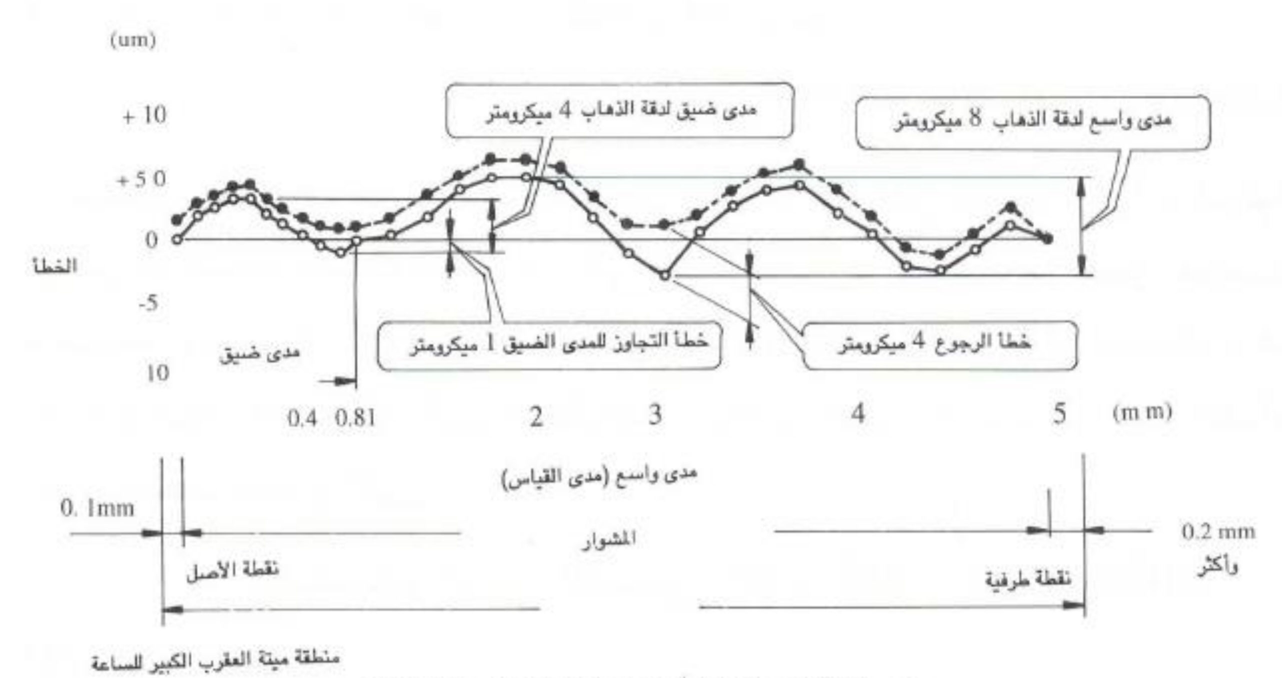
ويبين الشكل ٢-١٤، منحنى الخطأ لمقياس قرصيّ مدرج . ويعبر عن الدقة بالمدى الواسع(في الذهاب)(١) والمدى الضيق (في الذهاب) (٢)وخطأ المحاذاة (المجاورة) للمدى الضيق(٣) وخطأ الرجوع(٤)والتكرارية(٥). ويعرض الجدول ٢-٣، مثالا لدقة مقياس قرصى مدرج .



النوع	(أ) مقياس قرصي مدرج بعمود		(ب) مقياس قرصى مدرج بذراع	
الزيادة	مؤشر ⟵ ترس ⟵ عمود		مؤشر ⟵ ترس ⟵ذراع	
فترة المقياس (مم)	0.001	0.01	0.002	0.002
مدى القياس (مم)	1 , 2 ,5	5 , 10	0.2 , 0.21	0.5 , 0.1

ملحوظة : مدى القياس هو مقدار حركة المجس لكل دورة من المؤشر حالة نوع الذراع
(ارجع الى JIS B 7503-1974-7509- 1974 ,7533-1982)

الشكل ٢-١٣ المقياس القرصى المدرج



الشكل ٢-١٤ رسم بيانى للخطأ في المقياس القرصى المدرج

مدى القياس (مم)	دقة المدى الواسع (الذهاب) (ميكرومتر)	دقة المدى الضيق (الذهاب) (ميكرومتر)	الخطأ المجاور للمدى الضيق(ميكرومتر)	خطأ الرجوع (العودة) (ميكرومتر)	التكرارية (ميكرومتر)
5	10	8	5	3	3
10	15				

ملحوظة : القيم المذكورة في الجدول عند درجة حرارة ^{0}200 م
(إرجع الى JIS B 7503-1974)

الجدول ٢-٣ دقة المقياس القرصي المدرج (فترة القياس 0.01 مم)

٢ – ٤ استخدام أجهزة القياس الضوئية

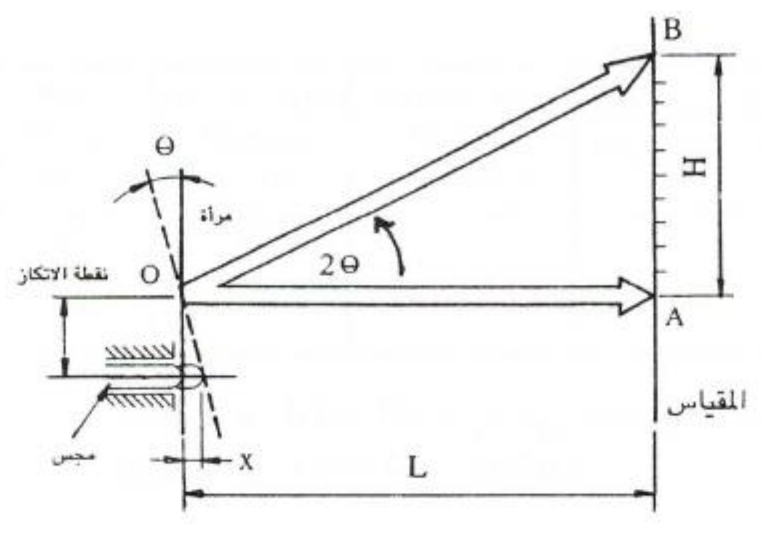
Optical Instrumentation

تتضمن طرق استخدام أجهزة القياس الضوئية تلك التى تستخدم ذراع ضوئية ، أو التي تستخدم وسيلة للحصول على أشعة متوازية من مصدر ضوء موضعى باستخدام عدسة ، أو التى تعتمد على التداخل الضوئي ، أو التي تستخدم هذه الوسائل مجتمعة مع آلية تكبير ميكانيكية . وينتشر حاليا ، استخدام أجهزة القياس التي تستخدم شعاع الليزر .

٢ – ٤ – ١ استخدام الذراع الضوئي Utilization of Light Lever

[١] الذراع الضوئي

كما يظهر فى الشكل ٢–١٥ ، يستبدل الذراع الضوئي الحركة الميكانيكية للذراع بحركة شعاع ليس له قصور ذاتي، ويستخدم بكثرة لتكبير الأطوال الدقيقة بدرجة كبيرة . وفى الشكل ٢–١٥ ، تكون زاوية دوران المرآة θ (نصف قطرية)صغيرة، عندما تكون الإزاحة X صغيرة.



عندما لا تدور المرآة ، ينعكس الضوء القادم من نقطة A ليعودإلى النقطة A . يتحرك المجس A مسافة x وتدور المرآة بزاوية θ ، وبهذا ينحرف الشعاع المنعكس بزاوية 2θ ليصل إلى النقطة B .

l : المسافة بين نقطة الارتكاز والمجس

H : انحراف الضوء على المقياس

L : المسافة بين المرآة والمقياس

الشكل ٢ – ١٥ مبدأ الذراع الضوئي

حيث أن $x \approx \ell\,\theta$

و $H \cong Lx(2\theta)$

$\therefore$ (2–6)

$$H = \frac{2\,x\,L}{\ell}$$

والمقياس الضوئى هو مقياس أطوال يطبق مبادىء الذراع الضوئي .

تمرين ٧

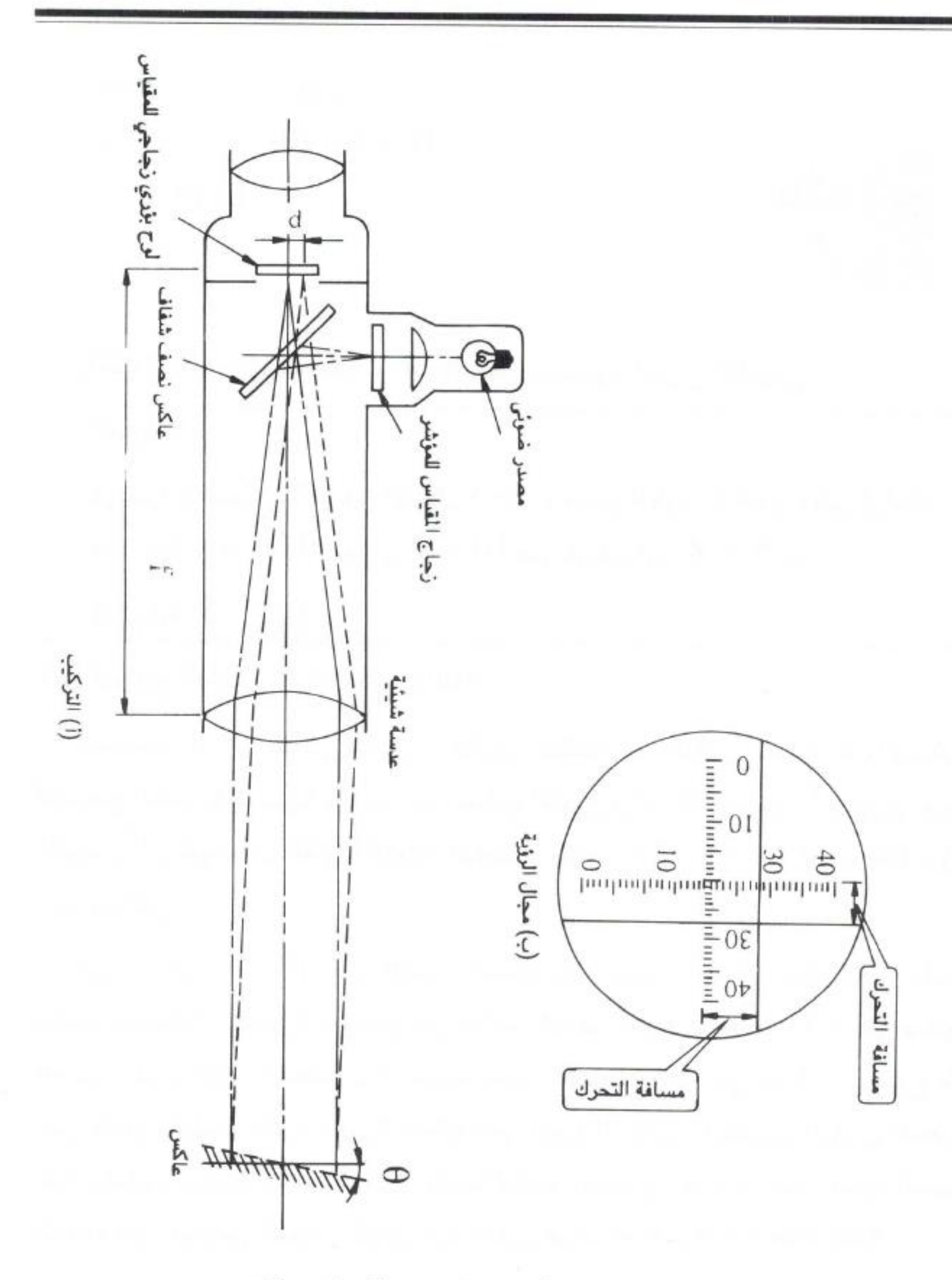
فى ذراع ضوئي، كما فى الشكل ٢–١٥ ، ماهو الطول L الذى يكبر إزاحة مقدارها $x = 0.01$ مم إلى $H = 10$ مم بفرض أن $\ell = 5$ مم .

(الإجابة: 2.5 متر)

[٢] الموازي الذاتي Autocollimator

يستخدم الموازي الذاتي للقياس ، بطرق مختلفة، مثل قياس الاستقامة والاستواء للأسطح الكبيرة نسبيا مثل دلائل أسطح الألواح وآلات التشغيل[٦] وتوازى أوجه المقياس[٧] والقياسات المقارنة للزوايا الدقيقة . ويبين الشكل ٢–١٦ تركيب ونطاق رؤية موازى ذاتى .

ففى الشكل ٢–١٦(أ) ، يمر الضوء المنبعث من المصدر الضوئى خلال لوح زجاجي مقسم بشبكية محفورة ، ويصل إلى عاكس نصف شفاف[٨] يميل 45^{o} على محور الضوء . فيمر الضوء المنعكس خلال عدسة شيئية ثم ينعكس ثانية على العاكس الموضوع على الجزء المطلوب قياسه، مكونا صورة شبكية على اللوح الزجاجى للمقياس البؤرى المحفور عليه مقياس. وعندما يميل العاكس نتيجة إزاحة المستوى المراد قياسه ، تحرك الصورة الشبكية اللوح الزجاجى للمقياس البؤرى. ويتم التعبير عن مسافة التحرك d بالمعادلة التالية :



الشكل ٢ – ١٦ تركيب ونطاق رؤية موازى ذاتى

$$d = f \tan 2\theta \cong 2 f \theta \qquad (2-7)$$

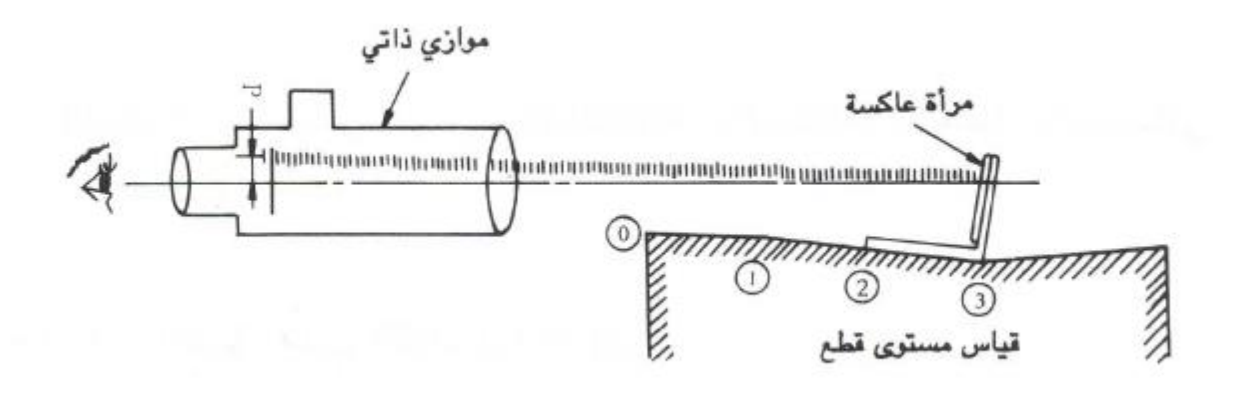
حيث f : البعد البؤري للعدسة الشيئية

θ : زاوية ميل العاكس (نصف قطرية)

وعلى ذلك ، بقياس d، يمكن الحصول على زاوية الميل θ للعاكس .

القياس بواسطة الموازي الذاتي

(أ) فى الشكل ٢-١٧ ، تقاس الاستقامة عن طريق القص الشعاعي d الذى ينتج من عاكس يتحرك بطول سطح القياس ، ويمكن حسابه فيما بعد .



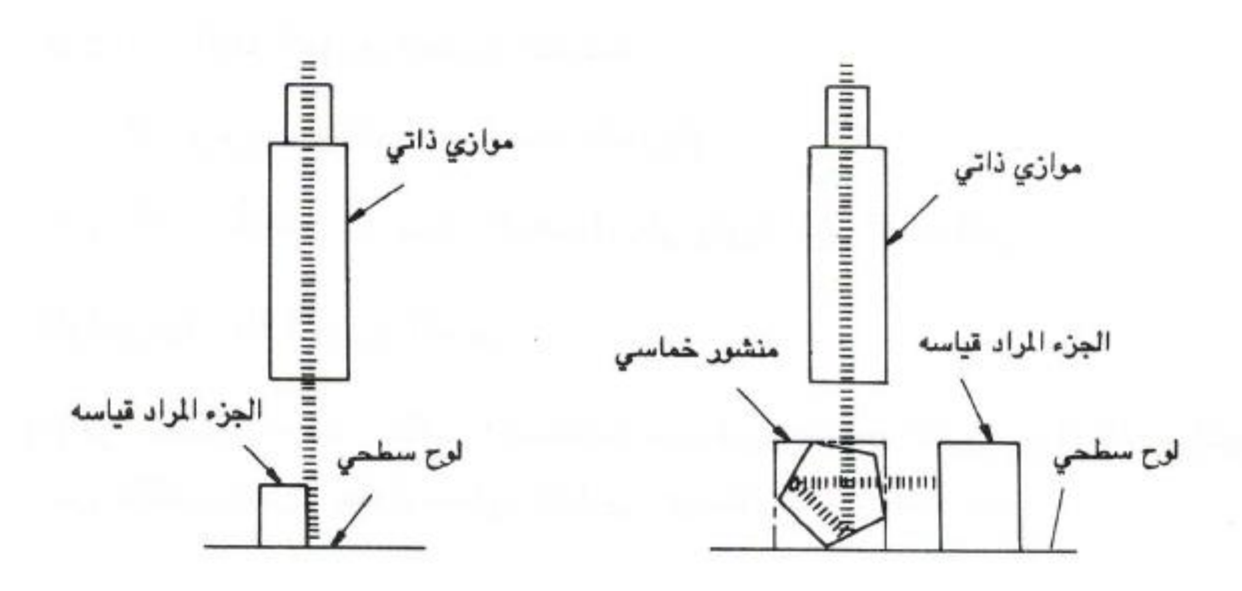
القيم المقاسة محصورة بين خطين متوازيين . قس المسافة على التوازي حتى محور الإحداثي الرأسي

استقامة = 3 ميكرومتر

(u m) — (m m): 75 ، 150 ، 225 ، 300

الشكل ٢-١٧ مقياس الإستقامة straightness بواسطة موازى ذاتى

(ب) في الشكل ٢-١٨ يقاس التوازي والاستقامة



الشكل ٢-١٨ قياس التوازي parallelism والإستقامة بواسطة موازى ذاتى

٢-٤-٢ تطبيق هُدُب التداخل الضوئي

Application of Light Interference Fringes

[١] تداخل موجات الضوء Light Wave Interference

إذا انبعث ضوء من مصدر ضوئى ثم انقسم إلى قسمين وتم تجميعهما مرة أخرى بعد مرورهما في مسارات مختلفة ، تساعد الموجتان بعضهما البعض وتصبحان قويتين (ساطعتين) عند التلاقي فى طور واحد ، عندما يكون فرق طول المسارين (فرق المسار الضوئى) مضاعفات زوجية لنصف طول موجة الضوء، كما فى الشكل ٢-١٩ ، بينما تلاشي كل منهما الأخرى وتصبحا ضعيفتين (مظلمتين) عندما تتلاقيان فى طور مضاد . ويحدث هذا عندما يكون الطول الفرقي مضاعفاً فردياً لنصف طول الموجة. وتسمى هذه الظاهرة تداخل الموجات الضوئية .

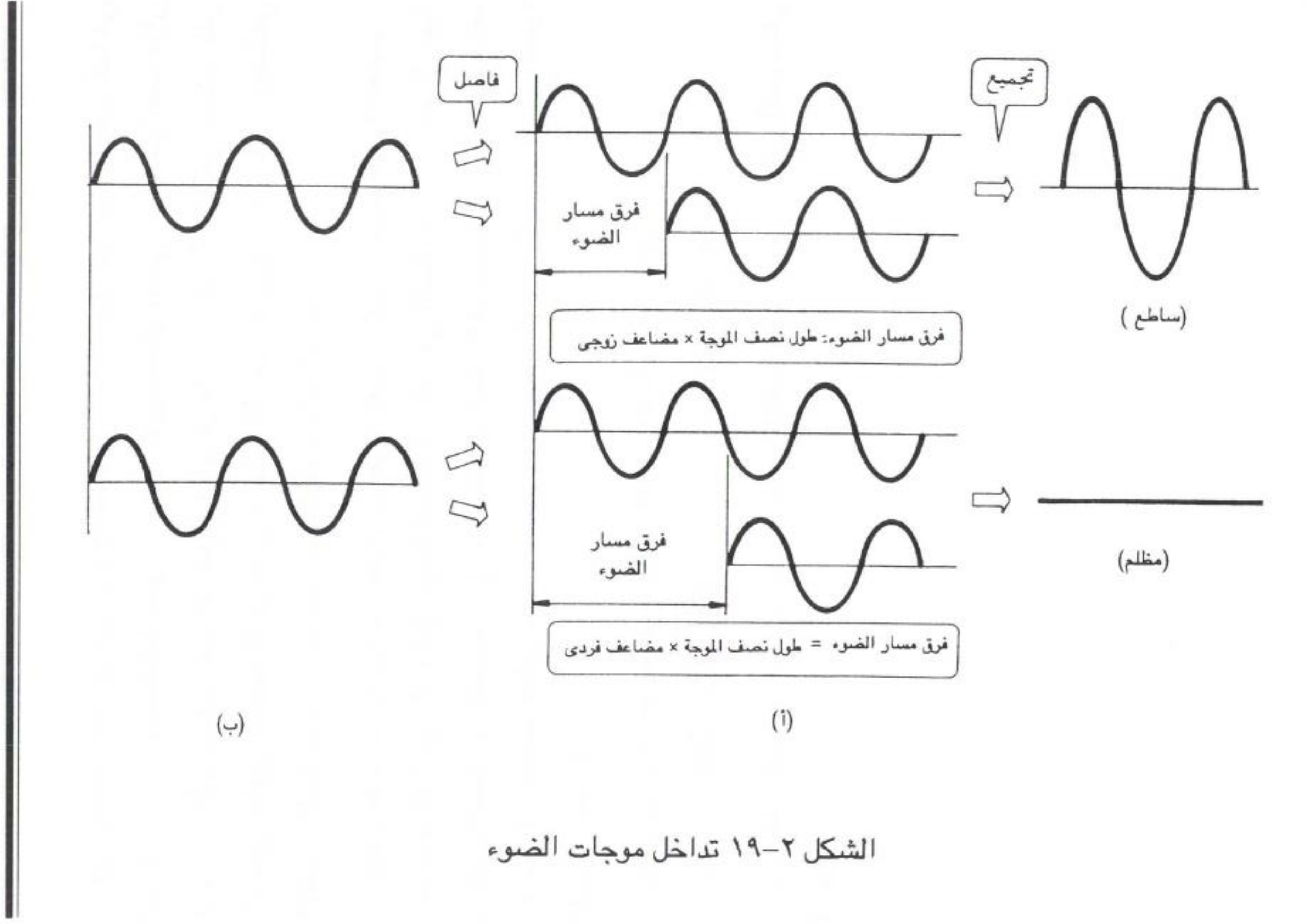
فإذا وضعت قطعتان من الزجاج المستوى M , L بجوار بعضهما البعض كما فى الشكل ٢-٢٠ ، وأسقطنا ضوءاً أحادى اللون بشكل رأسي ، ينقسم الضوء إلى قسمين ، الأول ينعكس على السطح الداخلي للزجاج المسطح L ، والثانى ينعكس على السطح العلوى للسطح B للزجاج المسطح M بعد مروره خلال A . وتتلاقى الأضواء المنعكسة مرة ثانية فتسبب تداخل موجات الضوء .

تتكون هُدُب مضيئة وداكنة (مظلمة) عن طريق تغيرات الطور الناتج أثناء الانعكاس ، وسمك طبقة الهواء d، وطول موجة الضوء λ ، كما فى الشكل ٢-٢٠. وعند B حيث ينعكس الضوء بتلامسه مع وسط كثيف (زجاج أو معدن) من وسط خفيف (هواء) ، يتغير الطور بمقدار نصف طول موجة $(\lambda/2)$. ولا يتغير الطور للضوء المنعكس عند A .

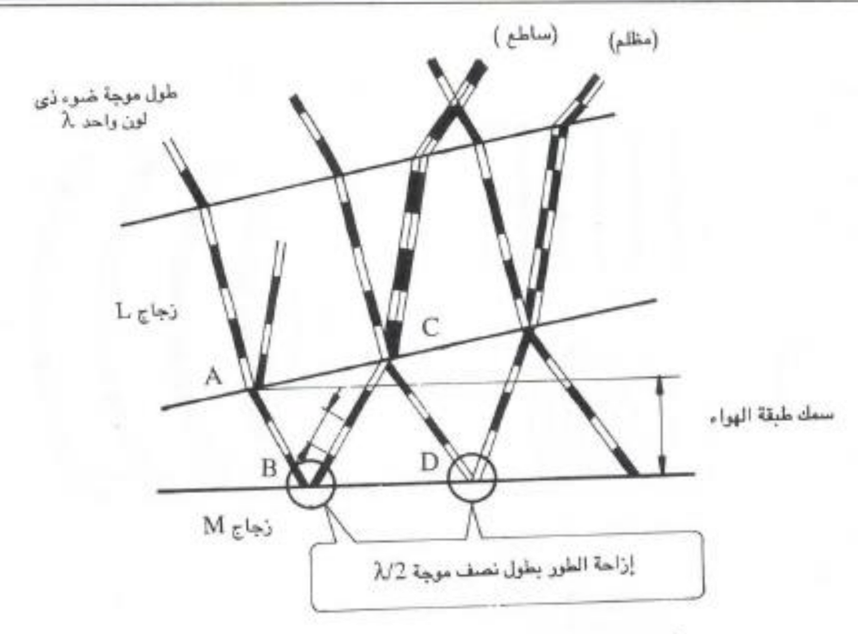
وبفرض أن n رقم صحيح ، وليس كما فى الشكل ٢-١٩، فإن :

$$2d = (2n + 1)\,\lambda/2 \qquad d = n\lambda/2 + \lambda/4 \qquad \text{(a)}$$

وفى هذا الوضع، تتساوى أطوار الموجتين الضوئيتين وتصبح الموجتان الضوئيتان أسطع .



الشكل ٢-١٩ تداخل موجات الضوء



الشكل ٢-٢٠ مبدأ قياس الخلوص بواسطة تداخل موجات الضوء

$$2d = 2\,n\,\frac{\lambda}{2} \qquad\qquad d = n\,\frac{\lambda}{2} \qquad\qquad (b)$$

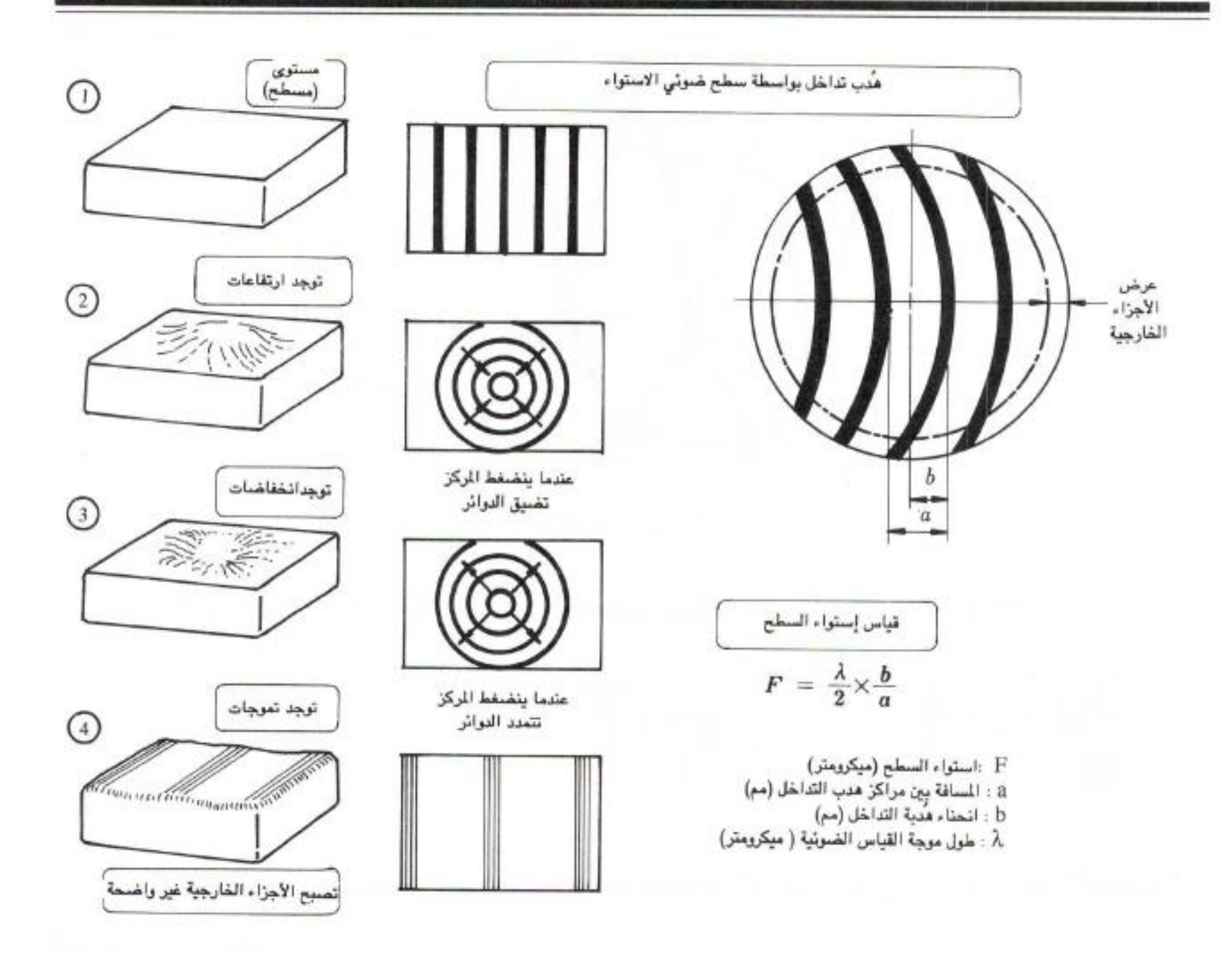
وفي هذا الوضع ، تتعاكس أطوار الموجتين الضوئيتين ، وتصبح الموجتان الضوئيتان أظلم .

وتكون الموجتان الضوئيتان مظلمتين ، خاصة في الوضع $d = 0$،حيث تتلامس الأسطح L,M .

ومن عدد خطوط هُدُب التداخل المظلمة n (هُدْبَة) ، يصبح الخلوص (سمك طبقة الهواء) $\lambda/2 \times n$ ، وبذلك يمكن قياس الخلوص d . وعلى ذلك، يمكن اعتبار هُدُب التداخل مثل مسطرة قياس ذات أجزاء قياس $\lambda/2$.

[٢] قياس الاستواء flatness عن طريق تداخل موجات الضوء

يمكن قياس إستواء سطح صغير نسبياً ، تم تشطيبه بالتحضين مثل أطراف قوالب القياس المعيارية ،وأسطح القياس لسندان وعمود ميكرومتر باستخدام هُدُب التداخل . ويبين الشكل ٢-٢١ مثالاً للقياس باستخدام سطح ضوئي الاستواء (٩) .



الشكل ٢-٢١ مثال لقياس استواء السطح عن طريق هُدُب التداخل

تمرين ٨

إذا تكونت أربع دوائر متحدة المركز فى (٢)، انظر الشكل ٢-٢١ ، فما هو الفرق فى الارتفاع بين الأجزاء التي فى المركز والتي على المحيط، بفرض أن طول موجة الضوء هي 0.6 ميكرومتر .

(الإجابة : 1.2 ميكرومتر)

[٣] آلة قياس الطول بتطبيق تداخل موجات الضوء

يبين الشكل ٢-٢٢، النظام الضوئى لآلة قياس الطول باستخدام تداخل موجات الضوء .

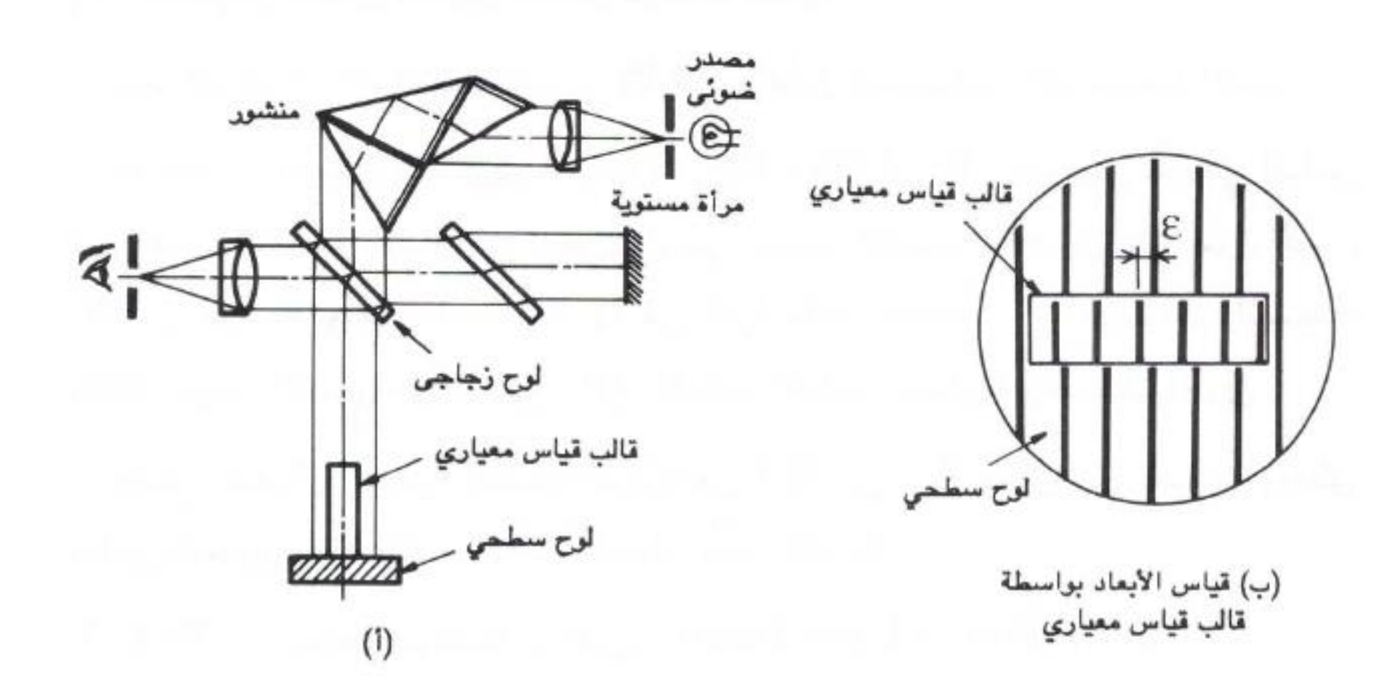
تستخدم أنبوبة تفريغ مملوءة بـ He ، Hg ، Cd أو Kr ، كمصدر ضوئي لقياس قص هُدُب التداخل، بتغيرات الطول الموجى لمصدر الضوء للحصول على طول الجزء المطلوب قياسه .ويمكن استخدامها في القياسات المطلقة[١٠] والقياسات النسبية، وكذلك قياس الاستواء والتوازي ، الخ. لقوالب القياس المعيارية وأصناف أخرى .

وتبلغ الأطوال الموجية للأشعة المرئية من 0.4 إلى 0.7 ميكرومتر تقريباً، ويمكن قياس الأطوال بدقة عالية جدا باستخدام هُدُب التداخل .

٢-٤-٣ استخدام شعاع الليزر Utilization of Laser Beam

[١] أساسيات الليزر

تحدث ظاهرة توليد ضوء ذي طول موجة معينة (انبعاث مُحَفَز) عند تطبيق طاقة عالية لذرات أو جزئيات مادة بواسطة ضوء أو الكترونات معجلة .تستمر هذه الظاهرة ويتكثف الضوء (يصبح كثيفاً) بالتدريج. وبتكرار انعكاس هذا الضوء بواسطة مرآتين موضوعتين عند الطرفين ، يمكن الحصول على شعاع مكبر وكثيف.أما الوسيلة (الجهاز) التى تنتج مثل هذا الشعاع فتسمى الليزر[١١] .ويسمى الشعاع الذى ينتج بالليزر شعاع الليزر.



ينبعث شعاع من مصدر ضوئى (ضوء أحادي اللون) ويتغيراتجاهه جزئياً بمقدار 90° خلال لوح زجاجى نصف شفاف لينعكس بواسطة مرآة مستوية . وينعكس شعاع آخر على السطح العلوي للجزء المراد قياسه ، الذى يلتصق به لوح سطحي ليصل إلى اللوح الزجاجي مع الشعاع الأول ويتداخلا مع بعض وعليه يلاحظ الشكل (ب) من خلال عدسة عينية . وبتطبيق أطوال موجية مختلفة لمصدر الضوء ، وقياس الإزاحة ε لهُدب التداخل بين اللوح السطحي وقالب القياس المعياري بدلالة طول الموجة ، يتم حساب طول قالب القياس المعياري بالقيم المقاسه .

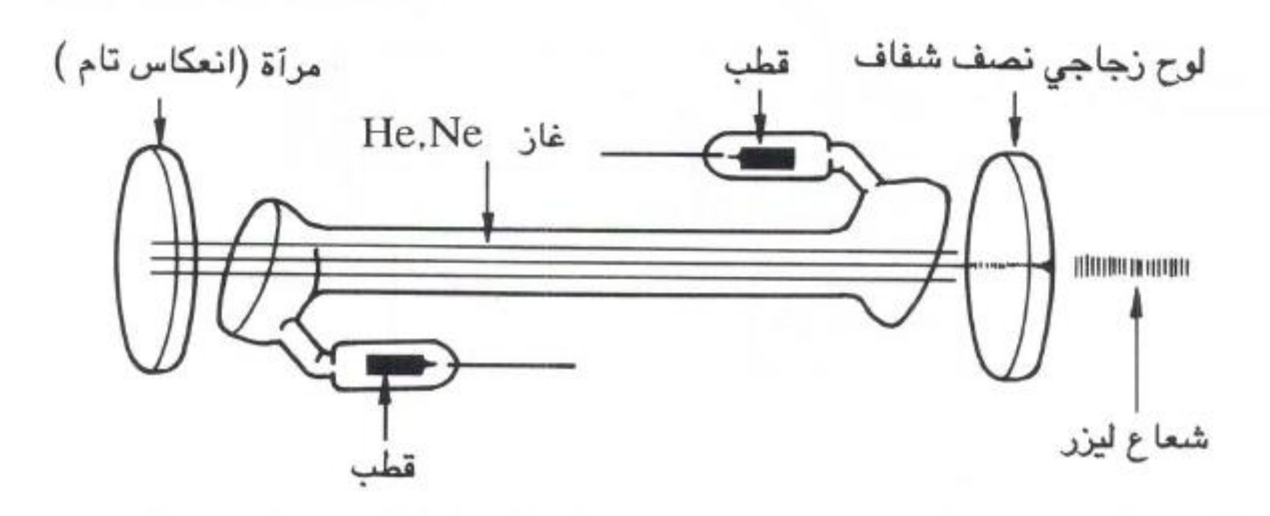
الشكل ٢-٢٢ آلة قياس الطول بتطبيق تداخل

موجات الضوء ونطاق رؤيتها

وبمقارنة شعاع الليزر مع الأضواء العادية مثل ضوء الفلورسنت ، فإن شعاع الليزر له طول موجي واحد بأطوار منتظمة (أحادية اللون)، ويتفوق عليها في الترابط. فأشعة الليزر تنتقل إلى الأمام في إتجاه مستقيم إلى نقطة بعيده بدون انتشار (اتجاهي) .

وتشمل أنواع الليزر ، الليزر الغازى وليزر الجوامد وليزر السوائل وليزر أشباه الموصلات.

والليزر الغازي He.Ne يتفوق فى الاستقرار، ويمكن التعامل معه بسهوله.ولهذه الأسباب ، يستخدم في أغلب الأحوال، كما يستخدم كآلات قياس الأطوال. ويبين الشكل ٢-٢٣، مكونات ليزر He.Ne .



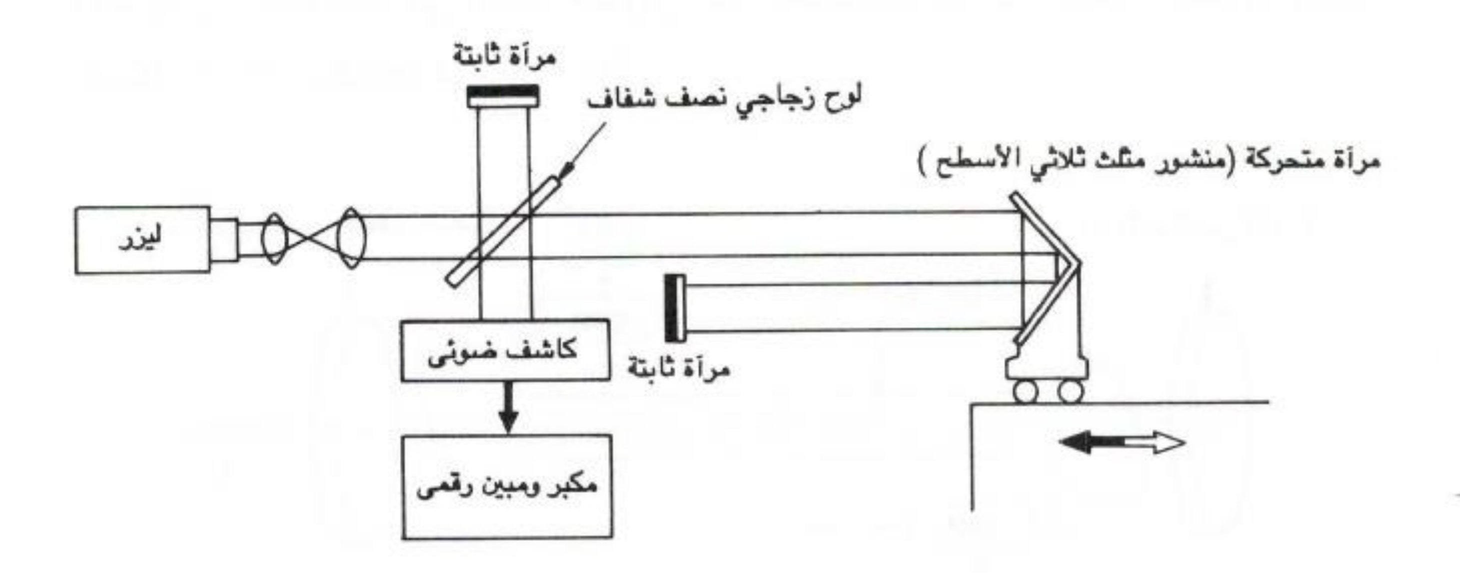
يوجد بداخل الوعاء خليط من غازي He , Ne بنسبة 1 : 5 , وعندما يتم التفريغ بين قطبين من جهد عالي يحدث انبعاث حثى ، ويتكرر انعكاس الشعاع عن طريق المرايا الموضوعة على الجانبين وعليه ينتج شعاع ليزر أحمر (طول الموجة هو 0.6328 ميكرومتر) من المرآة على اليمين (لوح زجاجى نصف شفاف)

الشكل ٢- ٢٣ ليزر He.Ne

[٢] آلات قياس الطول بواسطة شعاع الليزر

تستفيد الآلات الدقيقة لقياس الأطوال بواسطة شعاع الليزر من الترابط الممتاز للشعاع ،ويبين الشكل ٢-٢٤، مكونات الآلة الدقيقة لقياس الأطوال بالليزر .

تتحول التغيرات في الطول إلى تغيرات في هُدُب التداخل(معتمة وساطعة)، بسبب التحويل[١٢] الكهروضوئي، ويظهر عددها رقميًا للقياس بدرجة دقة تساوي 0.008 ميكرومتر .



المبدأ هو نفسه كما فى حالة قياس الطول بتطبيق تداخل الموجات ، كما فى الشكل ٢-٢٢ . وينقسم شعاع الليزر فى اتجاهين خلال لوح زجاجي نصف شفاف ، وعندما تنزلق المرآة المتحركة فى اتجاه السهم ، تتغيير هُدب التداخل الضوئية (الناتجة) ذات الطريقين .

الشكل ٢-٢٤ آلة دقيقة لقياس الأطوال باستخدام شعاع الليزر

وتقاس المسافات الطويلة جدا بواسطة شعاع الليزر أيضا. وتستطيع بعض آلات القياس قياس المدى حتى 1 كم بدرجة دقة 1 مم . ويستخدم تداخل شعاع الليزر أيضا فى قياس الاستواء وفي تحديد مواضع عِدَد القطع في آلات التشغيل .

* تطبيقات أخرى لشعاع الليزر:شعاع الليزر عبارة عن موجة كهرومغنطيسية، وله نفس خصائص الموجات اللاسلكية. وباستعمال الترددات العالية ، يمكن استخدامه تجاريا فى مجال الاتصالات الضوئية[١٣]. ويمكن كشف الفروق الصغيرة فى التردد بسهولة . وتستخدم أشعة الليزر فى قياس السرعات من حوالي 0.1 إلى عدة عشرات من الأمتار فى الثانية[١٤] .

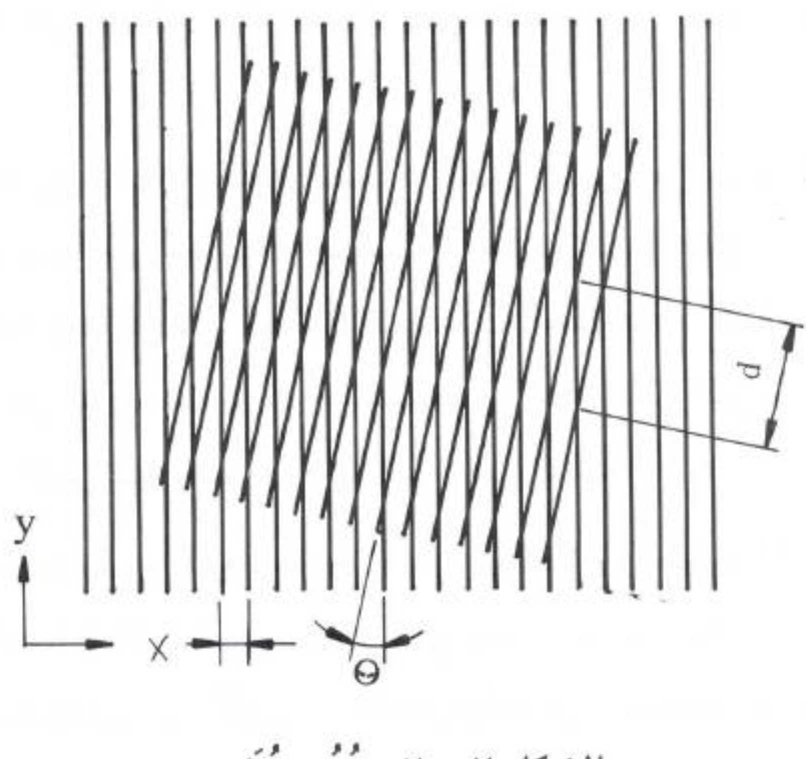
وكثيراً مايستخدم الهولوجرام (تسجيل الصور الحجمية)، الذى يعتمد على خاصية إحداث التداخل بسهولة ، فى إنتاج الصور ثلاثية الأبعاد، وكذلك في قياس التشوهات فى الأجزاء، والاهتزازات فى مجالات السيارات والطائرات. وتستخدم طريقة التركيز الدقيق لطاقة شعاع الليزر فى نقطة صغيرة فى تقنيات[١٥] التشغيل ، مثل عمل الفتحات فى الماس وتقطيع القماش .وتستخدم طاقة شعاع الليزر أيضا كمشرط[١٦] ليزر للجراحة ، ومخصبات من اليورانيوم[١٧] .

تمرين ٩

ماهو تردد شعاع الليزر عندما يكون طول الموجة 0.6328 ميكرومتر، بفرض أن سرعة الضوء هيc وتساوي 299792458 متر /ث .

(الإجابة: $4.73755465 \times 10^{14}$ هرتز)

٢-٤-٤ تطبيقات هُدُب مُوَار Application of Moire Fringes



الشكل ٢-٢٥ هُدُب مُوَار

يبين الشكل ٢-٢٥ ، مبادىء مقياس هُدُب مُوَار. وبتراكب (تداخل) شبكتي حيود[١٨] ، كل منهما ذات خطوة α، بالإمالة بزاوية صغيرة θ ، تظهر هُدُب على مسافات بينية d عموديا على الشبكية . وتسمى هذه الهُدُب، بهُدُب مُوَار ،ولها العلاقة التالية

$$d = \frac{1}{\sin\theta}\ \alpha \ \cong\ \frac{1}{\theta}\ \alpha \qquad (2-8)$$

وبتحريك الشبكية في الاتجاه X بخطوة واحدة α، تتحرك هُدُب مُـــوَار

فى الاتجاه Y مسافة d . ولهذا يعتبـــر $\frac{1}{\theta}$ تكبيراً.

[١] حصر عدد هُدُب مُوَار عن طريق شبكية حيود مستقيمة

By Straight Diffraction Grid

يبين الشكل ٢-٢٦، مثالاً لحصر عدد هُدُب مُوَار بواسطة شبكية حيود مستقيمة .

تمرين ١٠

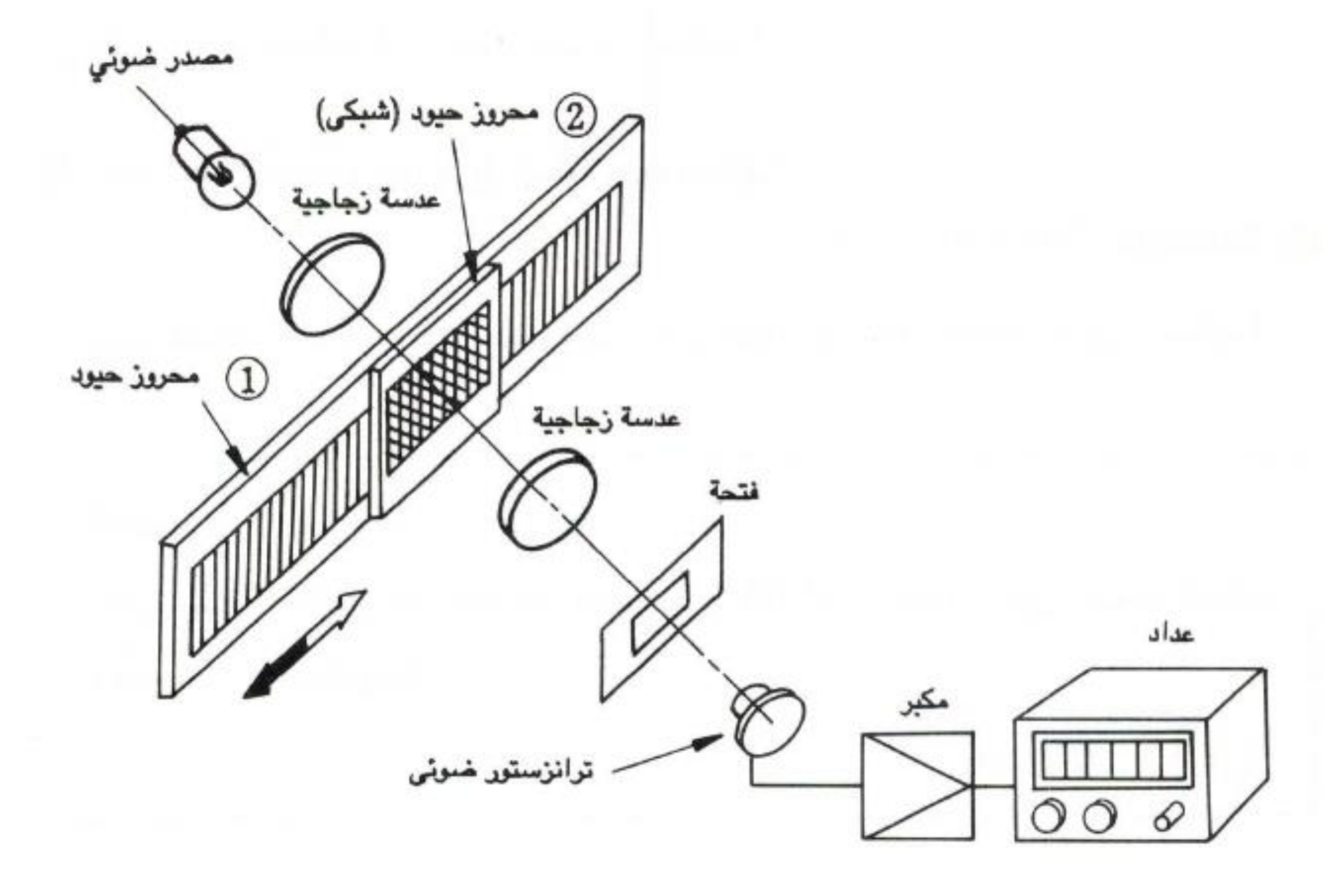
ماهى نسبة التكبير، إذا تحركت هُدُب مُوَار 0.06 مم،عندما تكون خطوة شبكية هُدُب مُوَار 4 ميكرومتر .

(الإجابة : 15 مرة)

[٢] حصر عدد هُدُب مُوَار عن طريق شبكية حيود قرصية

By Disk-like Diffraction Grid

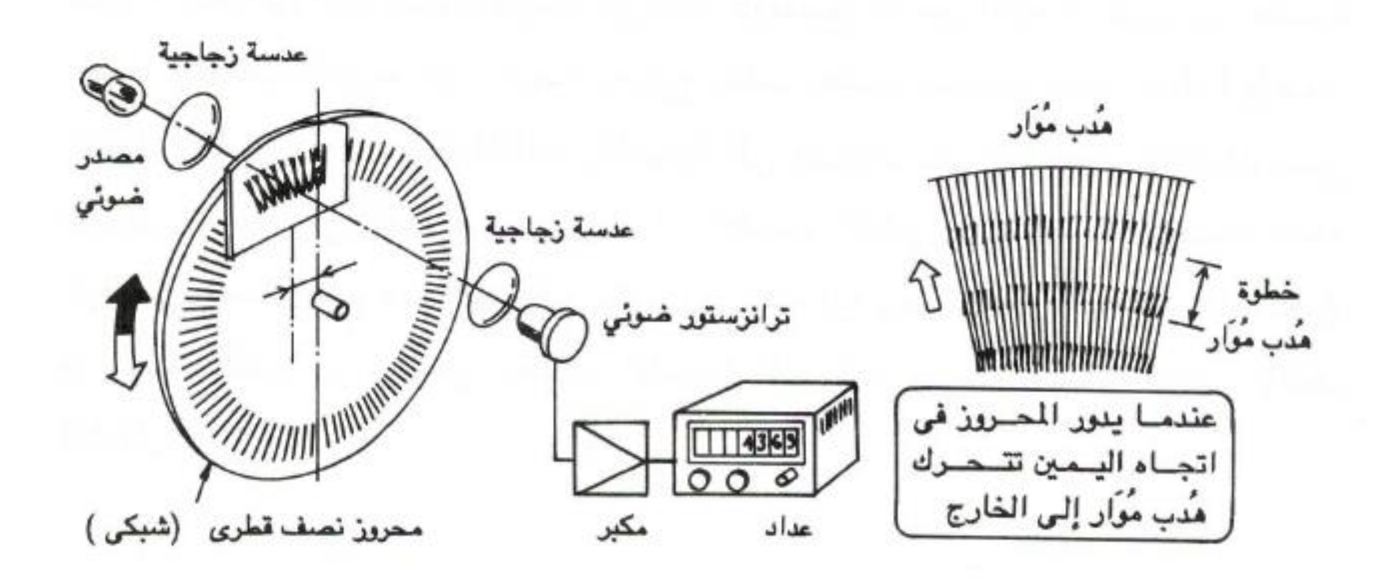
يسمى القرص الزجاجي ، المحفور عليه بدقة شبكية على شكل أنصاف أقطار بخطوة تقسم المحيط بالتساوي ، بالشبكية نصف القطرية . ويمكن الحصول على هُدُب مُوَار بتداخل شبكيتين نصف قطريتين عن طريق وضعهما بشكل يكونان فيه غير متحدى المركز بدرجة قليلة. وبالقيام بعدّ الإشارات النبضية المتولدة ،ذات العلاقة بعدد لفات القرص ، يمكن قياس الزاوية رقمياً.



بتحريك هُدب موار ، يمكن عدّ التغير من (إظلام – إضاءة) كهروضوئياً . ولهذا تقرأ قيمة الانحراف للمحروز المتحرك . وحيث أن الدقة هنا أكبر من المقياس النبضى الضوئى ، تستخدم هذه الطريقة لقياس الطول والزاوية .

الشكل ٢–٢٦ مثال لعدّ هُدُب مُوَار عن طريق شبكة حيود خطية

ويسمى هذا الجهاز بمُشفر النبضات ، انظر الشكل (٢–٢٧)



يجهز مُشفر النبضات بمحور دوران ذي مسمار مسنن للتغذية وبقراءة عدادات النبضات (كمية الدوران) وتغذية المسمار المسنن في اللفة (طول) يمكن الحصول على القياس الرقمي . يتوفر هذا النظام للتحكم في الموضع فى الآت التشغيل .

الشكل ٢-٢٧ مثال لعدّ هُدب مُوَار عن طريق مُشفر النبضات

٢-٤- ٥ القياسات الرقمية عن طريق إشارات نبضية ضوئية
By Optical Pulse Signal

[١] مقياس النبضة الضوئية Optical Pulse Scale

يتكون مقياس النبضة الضوئية من مقياس ثابت للقراءة من النوع الشريطي ذي

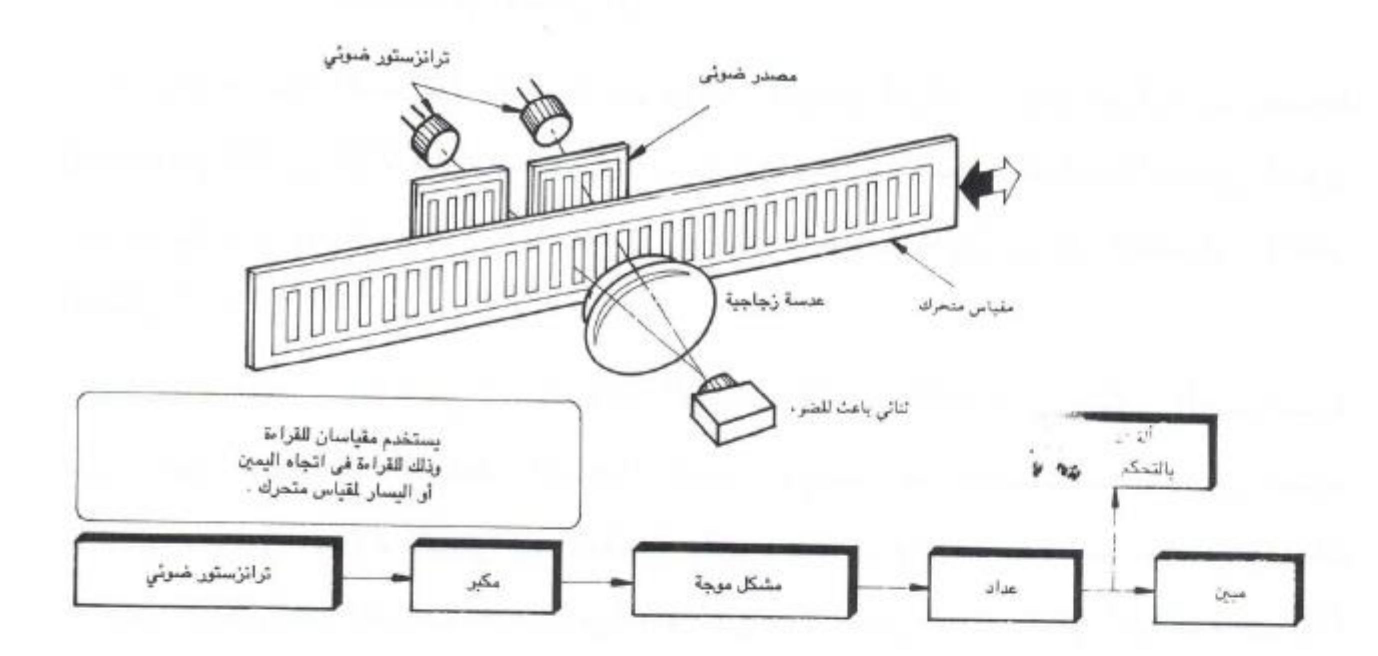
شبكية ومقياس آخر يتحرك نتيجة للإزاحة. ويصبح مقياس النبضة الضوئية مضيئا عندما يتراكب المقياسان ، بينما يصبح مظلما عندما يتحرك نصف خطوة واحدة. تتحول الإشارات الضوئية المظلمة والمضيئة إلى إشارات كهربائية بواسطة ترانزستور ضوئى (ارجع إلى الفقرة ٥ - الجزء ٦- الفصل الثانى) ، وبذا يمكن القيام بالعد الرقمي. تستخدم هذه الطريقة بكثرة فى تحديد وضع عربات آلات التشغيل وأجهزة القياس. ويسمى مقياس النبضة الضوئية أيضاً بالمُشفر الخطيّ، (انظر الشكل٢-٢٨) .

[٢] مقياس النبضة الضوئية ذو القرص

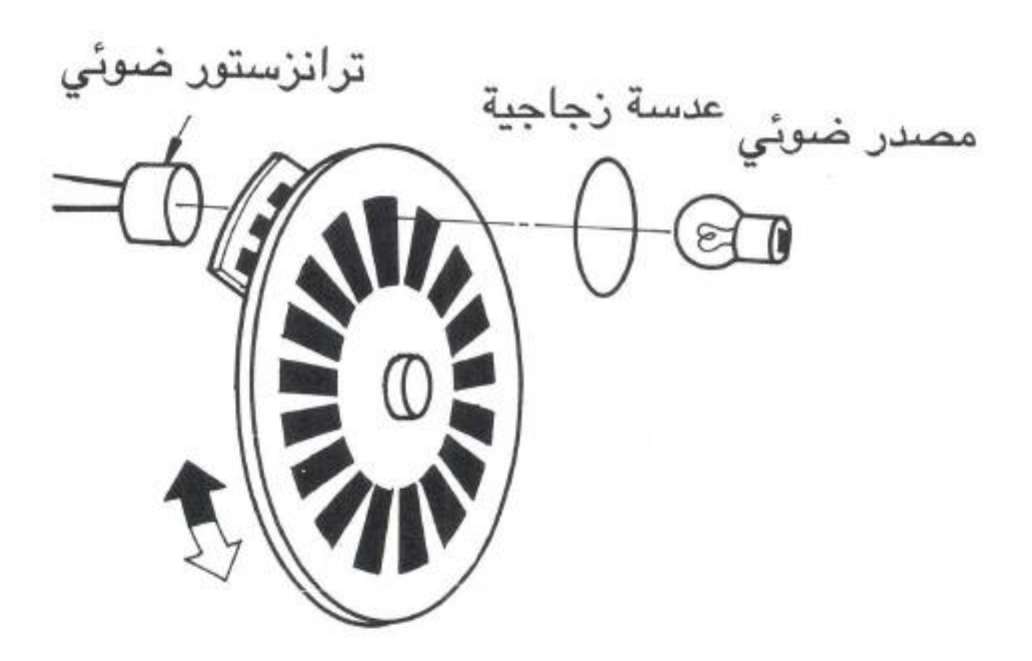
هو مقياس النبضة الضوئية الذى ذكر من قبل ، ولكن له قرص بدلا من المقياس المتحرك لقياس الزاوية رقميا . ويسمى هذا الجهاز المشفر الدوار، (انظر الشكل ٢-٢٩) .

٢ – ٥ استخدام أجهزة قياس الموائع Fluid Instrumentation

بالاستفادة من خصائص الموائع مثل السوائل والهواء ، يتم تكبير الانحرافات الدقيقة للقياس باستخدام أجهزة القياس. ويعتبر ميزان ضبط الاستواء والميكرومتر الهوائي أمثلة نموذجية لها.



الشكل٢-٢٨ القياس عن طريق المقياس النبضي الضوئى (المُشفر الخطى)



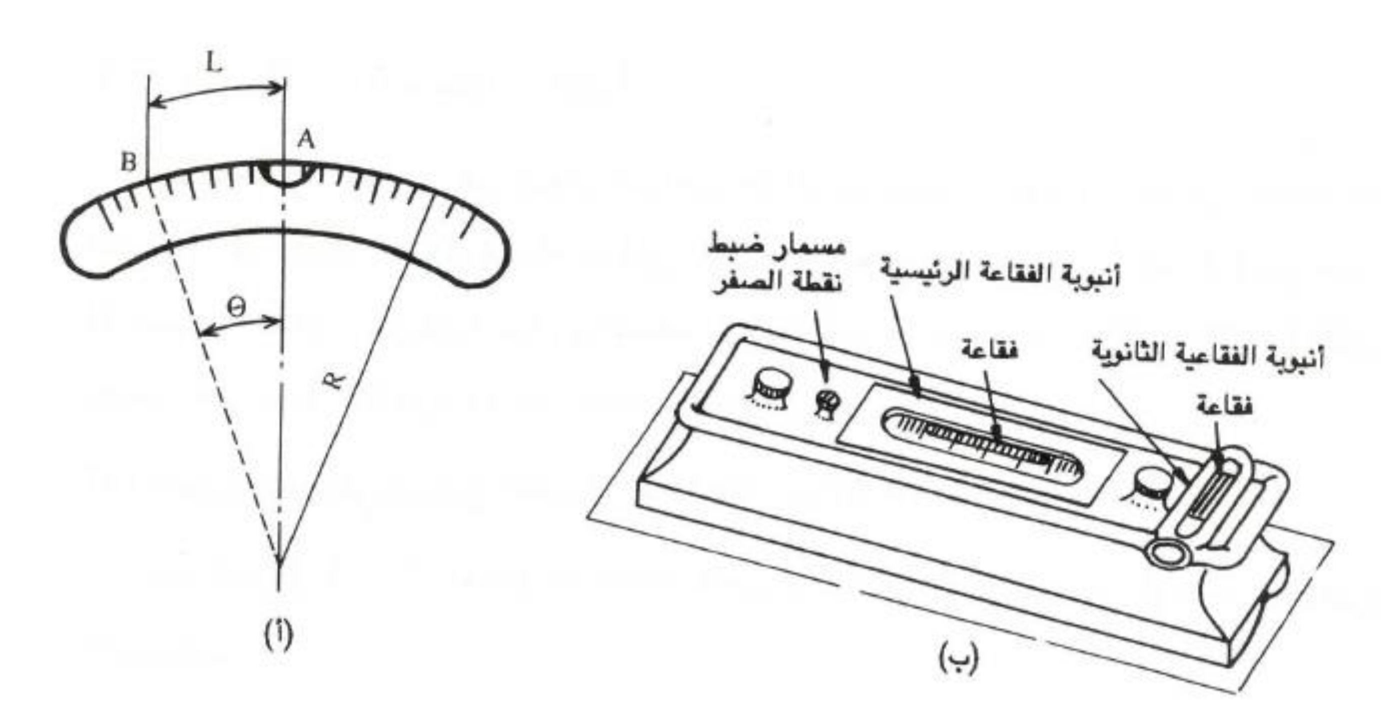
الشكل ٢-٢٩ القياس باستخدام المُشفر الدوار

٢ – ٥ – ١ استخدام السوائل

ميزان ضبط الاستواء عبارة عن جهاز قياس الزاويا .وهو ذو تركيب بسيط ويستخدم لتكبير الإزاحة باستعمال أنبوبة ذات فقاعة ،حيث تترك فقاعة فى أنبوبة زجاجية ذات نصف قطرانحناء ثابت ، وتملأ الأنبوبة بالإيثيل أو الكحول ، (انظر الشكل ٢-٣٠) .

وتتحدد الحساسية من نصف قطر الانحناء لأنبوبة الفقاعة . وتكون الحساسية أعلى عندما يكون نصف قطر الانحناء أكبر . ويعبر عن حساسية ميزان ضبط الاستواء بالميل اللازم لانحراف الفقاعة بفترة قياس واحـــدة (2 مم)، ويبين ذلك بالارتفاع لكل متر للقاعدة أو بالزاوية (أو الزوايا) ، وهي محددة في المواصفات JIS B 7511-1972 .

والحساسية في المثال المبين في الشكل٢-٣٠، هي 0.02مم/م (´4).



$$L = \frac{2\pi R\theta}{360 \times 60 \times 60} = \frac{R\theta}{206\ 000}$$

L : المقدار الذى تتحركه الفقاعة نتيجة ميل أنبوبة الفقاعة (مم)

θ : ميل أنبوبة الفقاعة (ثانية)

R : إنحناء أنبوبة الفقاعة (مم)

فى حالة :

$$L = 2\ \text{mm} \quad , \quad \theta = 4$$

$$R = \frac{206000 \times L}{0} = 103000\ \text{mm} = 103\ \text{m}$$

الشكل ٢– ٣٠ ميزان ضبط الاستواء

تمرين ١١

احسب نصف قطر الانحناء لأنبوبة الفقاعة في ميزان ضبط الاستواء ذي الحساسية 0.1 مم/م (″20) .

(الإجابة: 20.6 م)

٢ – ٥ – ٢ استخدام الهواء

الميكرومتر الهوائيّ هو جهاز قياس أطوال يستعمل الهواء .فيندفع الهواء ذو الضغط الثابت من خلال فوهة قياس ، ويتغير الخلوص الصغير (السمك) في جزء الانسياب ، ليغير سريان الهواء والضغط بدرجة كبيرة. والمقارن Comparator الذى يعتمد على هذه الظاهرة هو عبارة عن ميكرومتر هوائي .

[١] **الميكرومترالهوائي من نوع الانسياب** Flow - type Air Micrometer

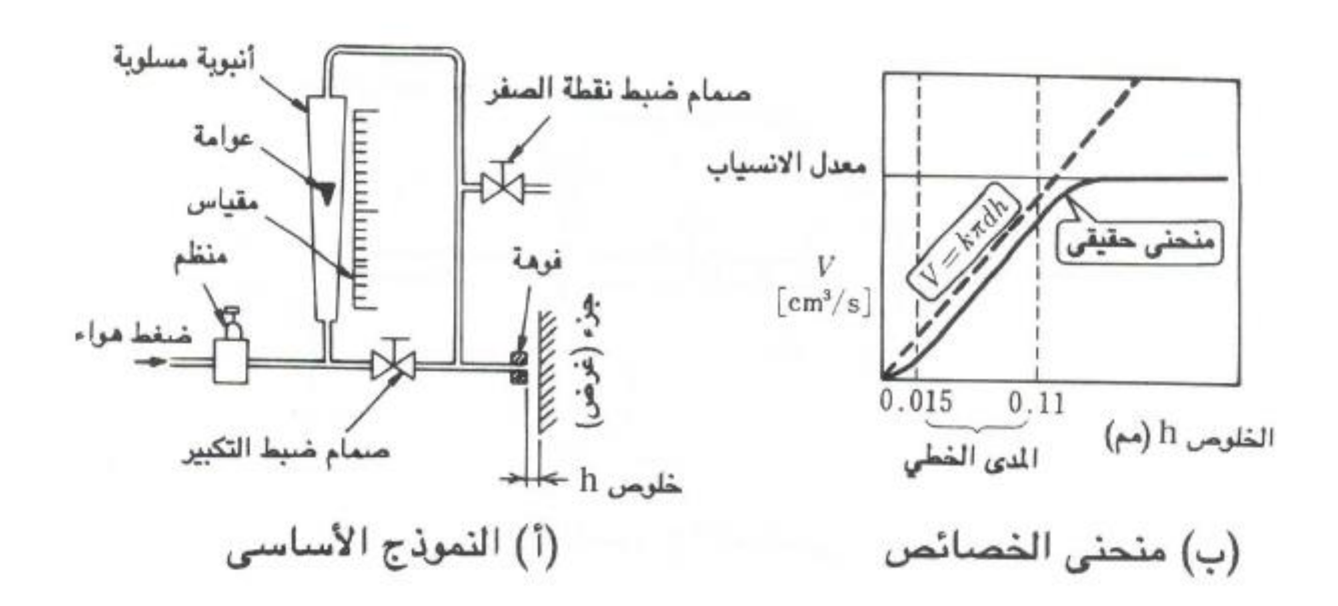
يبين الشكل ٢–٣١، منحنيات الخصائص والمبادىء للميكرومتر الهوائي من نوع الانسياب.

عند مرور هواء ذي ضغط ثابت إلى الجو الخارجى خلال فوهة، يتغير الانسياب بالتناسب مع مساحة الفتحة. فإذا كان الخلوص h عندما تقترب الفوهة من السطح المطلوب قياسه ، فإن الانسياب يتغير بالتناسب مع مساحة السطح $\pi d h$ ، عندما يمر الهواء على محيط السطح الذي نقوم بقياسه ، (انظر الشكل (ب)).

[٢] **الميكرومتر الهوائي بالضغط الخلفى**Back-pressure Air Micrometer

يبين الشكل ٢–٣٢ مبادىء ومنحنى الخصائص للميكرومتر الهوائي بالضغط الخلفى .

فى القياسات اليدوية ، يستخدم غالباً الانسياب من النوع الذى يمكن فيه النظر إلى العوامة بالعين .وفى القياسات الأوتوماتيكية ، يستخدم أساساً نوع الضغط الخلفي، الذى يمكن فيه أن يتم التحول إلى إشارات كهربائية بسهولة .



(ب) منحنى الخصائص

(أ) النموذج الأساسى

$V = k\pi dh$

V: إنسياب الهواء

K : ثابت التناسب

π : العدد π

d : القطر الداخلي للفوهة

h : الخلوص

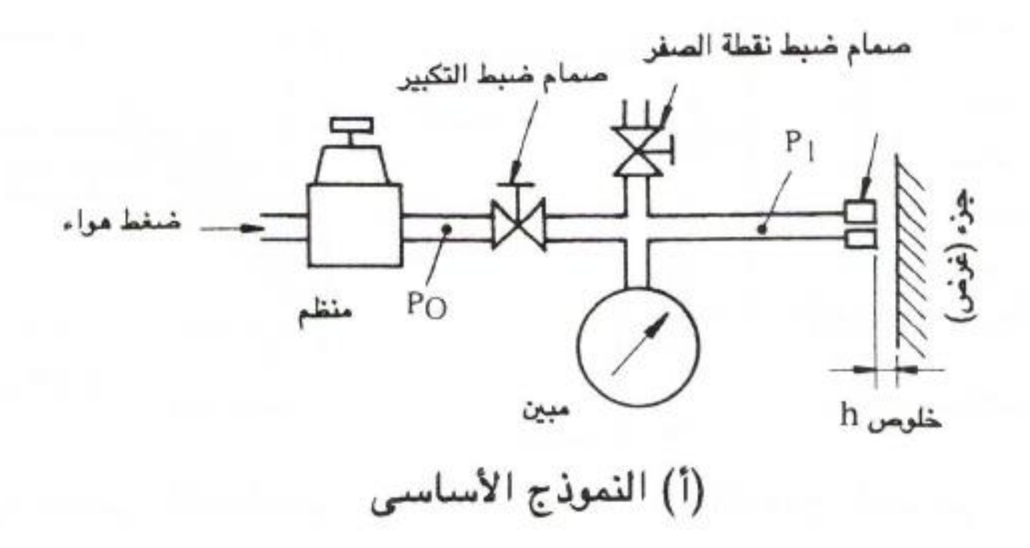
ينساب هواء ذو ضغط ثابت خلال صمام التحكم فى الضغط ويتناسب انسياب الهواء مع الخلوص بين الجزء والفوهة خلال مدى ثابت . وكلما زاد الخلوص ، يزيد انسياب الهواء . ولذلك ترتفع عوامة الأنبوبة المسلوبة إلى أعلى ويزيد الخلوص بين الأنبوبة المسلوبة والعوامة . وتتوقف العوامة عند موضع، حيث يتعادل وزنها مع الفرق فى الضغط .

الشكل ٢-٣١ الميكرومتر الهوائي من نوع الانسياب

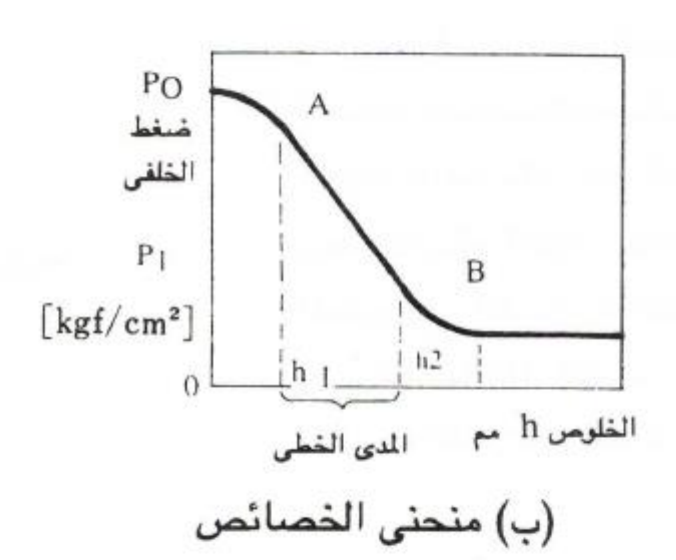
والميكرومتر الهوائي له الخصائص التالية :

(١) تكبير عالي (من 5000 إلى 10000)، ويمكن ضبط التكبير بسهولة.

(٢) قياسات بدون تلامس وبقوة قياس صغيرة بدون تحطيم أو تشويه الأجزاء المقاسة ، غير أن القياسات تتأثر بخشونة السطح .



(أ) النموذج الأساسى



(ب) منحنى الخصائص

فى الشكل (أ) ، عندما يمر هواء من فوهه بضغط ثابت ، يتناسب الضغط الخلفى (الضغط بين الصمام والفوهة) تناسباً طردياً مع الخلوص بين الجزء والفوهة في حدود مدى ثابت . يتحول الضغط الخلفى إلى إشارة كهربائية عن طريق مفتاح هواء ، وهذا يوصل ملامس كهربائي من خلال منفاخ وغشاء .

الشكل ٢-٣٢ الميكرومتر الهوائي بالضغط الخلفي

(٣) بيان سريع وزمن قياس صغير ، وتكون القياسات جيدة .

(٤) يمكن أن يستخدم بشكل ملائم لقياس الأشكال المركبة وفى القياسات الخاصة أو القياسات عن بعد .

(٥) يمكن أن يستخدم فى الفصل الأوتوماتيكى ، والتحجيم الأوتوماتيكى ، والتحكم الأوتوماتيكي وأغراض أخرى .

(٦) مدى القياس لايمكن أن يكون واسعا جداً (حتى حوالي 0.2 مم) .

(٧) أطوال القياسات وأجزاء البيان لايمكن زيادتها بلا حدود نتيجة لسرعة الاستجابة .

ويبين الشكل ٢-٣٣، عدة أمثلة تطبيقية للميكرومتر الهوائي عند قياس عناصر ذات أشكال مختلفة. ففي صناعة السيارات والصناعات الأخرى يتم قياس الأجزاء أو الأبعاد المختلفة فى آن واحد باستخدام معدات قياس خاصة كما فى الشكل (هـ). ويمكن لهذه الطريقة أن تحدد قبول أو عدم قبول المنتجات بإدخال الأجزاء المشغلة ، وهى طريقة ملائمة .

٢ – ٦ إستخدام أجهزة القياس الكهربائية

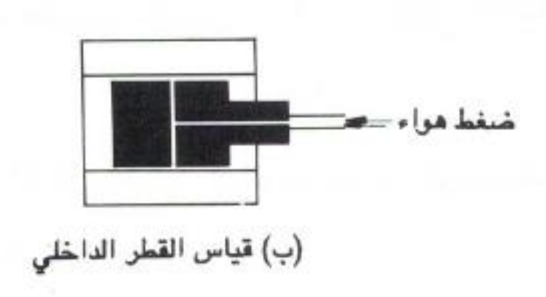
Electrical Instrumentation

٢-٦-١ خصائص استخدام أجهزة القياس الكهربائية

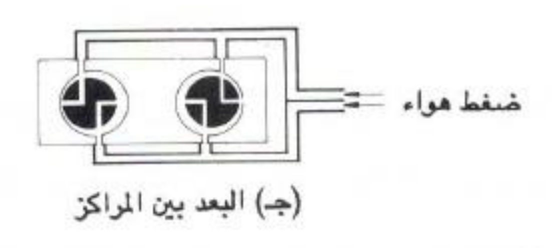
فيما يلي خصائص الطرق التي تقوم بتحويل الكميات الطبيعية مثل الأطوال إلى كميات قياس كهربائية مثل الفولت ، والمقاومة الكهربائية والمحاثة :



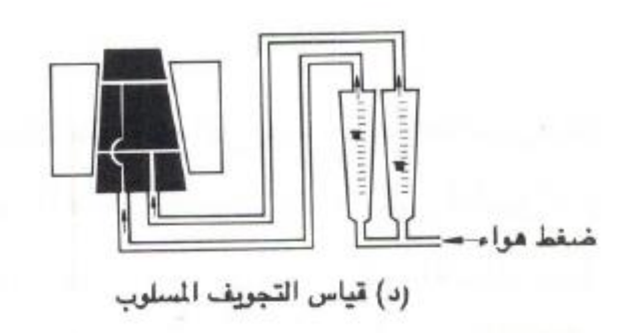
(أ) قياس القطر الخارجي



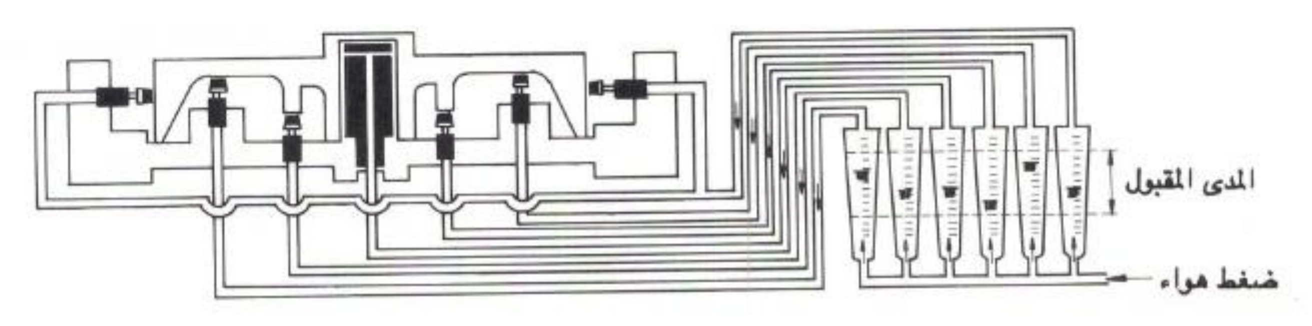
(ب) قياس القطر الداخلي



(جـ) البعد بين المراكز



(د) قياس التجويف المسلوب



(هـ) قياسات آنية متعددة في عدة نقط

الشكل ٢-٣٣ أمثلة تطبيقية للميكرومتر الهوائى باستخدام أشكال مختلفة لعنصر القياس

(١) يمكن تكبير الإشارات بسهولة وتكون حساسية القياس عالية .

(٢) يمكن قياس الإشارات الكهربائية عن بعد بإتصال سلكي وأحيانا باللاسلكي فقط .

(٣) تسمح القياسات الأوتوماتيكيـة باتخاذ إجراءات سريعة تقابل التغيرات.

(٤) يمكن حساب الكميات المقاسة وتسجيل النتائج واسترجاعها مرة أخرى.

(٥) يمكن استخدام الإشارات الرقمية عن طريق الحاسب .

وبين الشكل ٢-٣٤، مثالا للتحويل الكهربائي وبيان القياسات المختلفة للكميات

٢ – ٦ – ٢ نظام التحويل بالمقاومات Resistance Conversion System

[١] الريوستات المنزلق Slide Rheostat

المقاومة الكهربائية تقوم بإعاقة سريان التيار الكهربائى. ويتحدد حجمها (قيمتها) تبعاً للمادة وأبعاد الموصل .

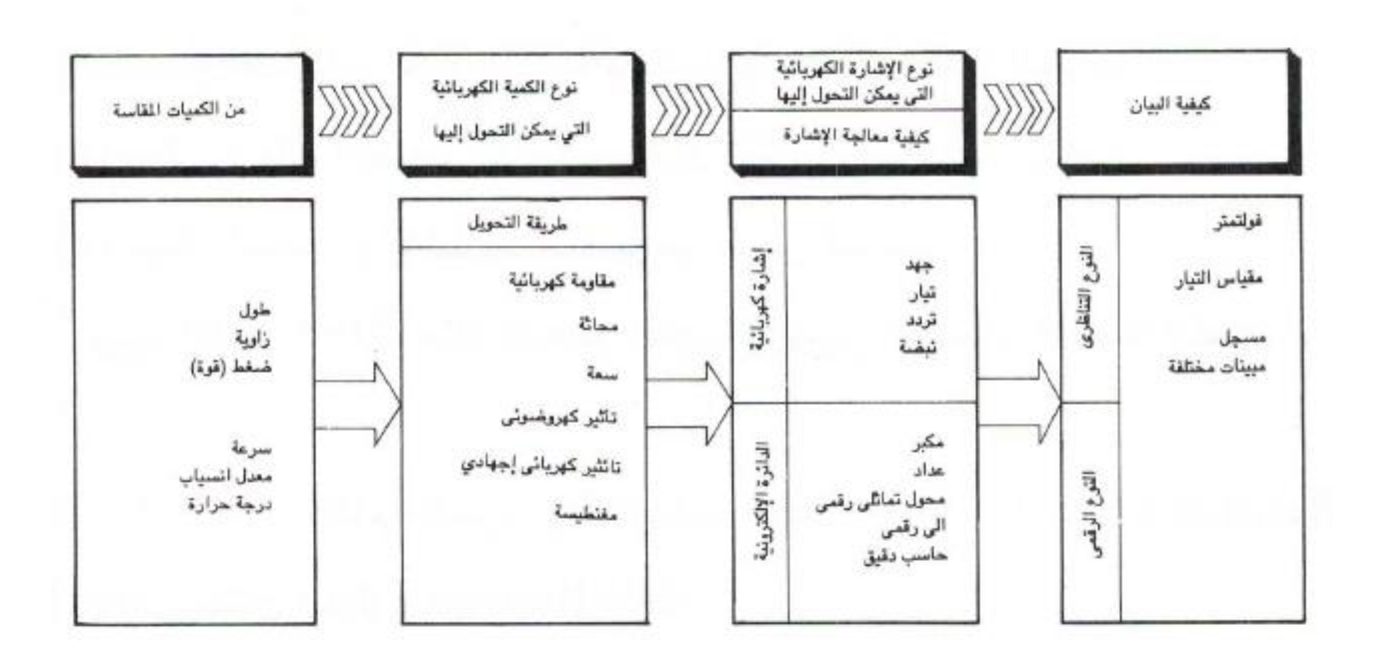
ويمكن التعبير عن المقاومة الكهربائية بالمعادلة التالية :

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \quad (\Omega) \qquad (2\text{–}9)$$

حيث ρ : المقاومة النوعية للموصل (أوم . م)

ℓ : طول الموصل (م)

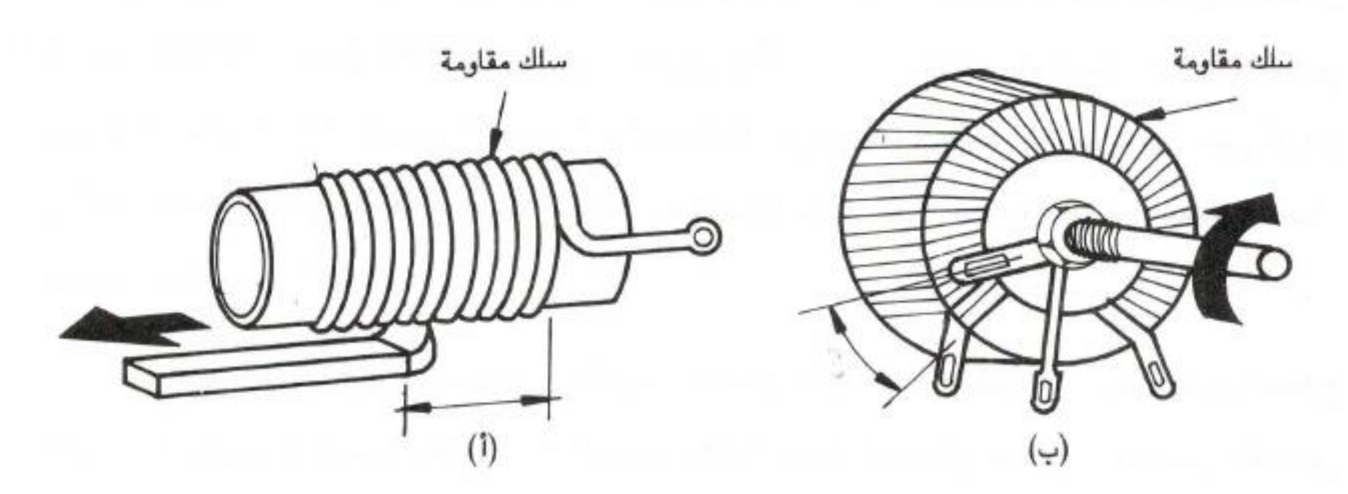
A : مساحة مقطع الموصل (م٢)



الشكل ٢-٣٤ طريقة التحويل الكهربائية للكمية المقاسة

وتكون المقاومة النوعية للموصلات النحاسية هي 1.72×10^{-8} (أوم . متر)، والمقاومة النوعية للكونستانتان المستخدمة فى المقاومات والمركبات الأخرى هي 5×10^{-8} أوم . متر (انظر الفقرة الفرعية [٢] التالية) .

والريوستات المنزلق هو جهاز ذو سلك مقاومة ملفوف حول اسطوانة أو حلقة، للحصول على مقاومة كهربائية تبعاً للطول أو الزاوية ،(انظر الشكل ٢-٣٥).



الشكل ٢-٣٥ ريوستات منزلق

[٢] **مقياس الانفعال ذو سلك المقاومة** Resistance Wire Strain Gauge

يقيس مقياس الانفعال ذو سلك المقاومة الانفعالات عندما يتمدد الصلب أو المواد الأخرى نتيجة تأثير حمل عليها . فيوضع مقياس الانفعال ذو سلك المقاومة على الصلب ويتم القياس بتحويل التمدد أو الانكماش في سلك المقاومة إلى مقاومة كهربائية .

ولنفرض أن الطول ℓ (م) قد تمدد قليلا بقيمة $\Delta\ell$ (م) عندما يتم شد سلك المقاومة الرفيع. ولنفرض أن المقاومة الكهربائية R (أوم) قد تغيرت قليلا وزادت بالقيمة ΔR (أوم) في هذا الوقت ، فتكون العلاقة بينهما كما في المعادلة التالية :

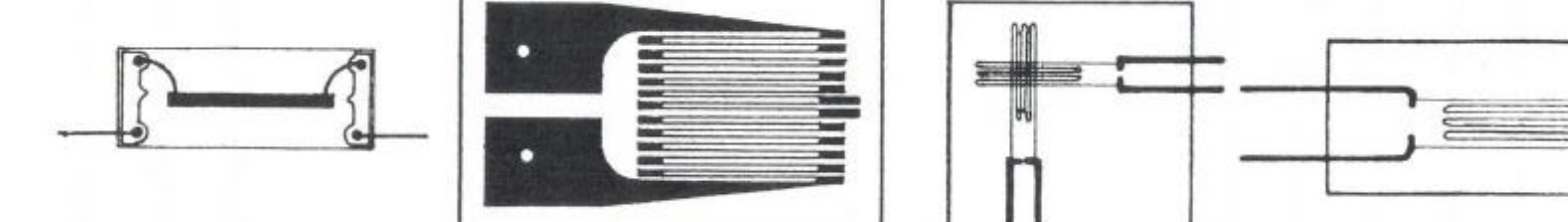
$$\frac{\Delta R}{R} = k \frac{\Delta \ell}{\ell} \quad (\Omega) \qquad (2-10)$$

يسمى «K» معامل المقياس (معامل الحساسية)، ويتحدد تبعاً لمادة سلك المقاومة .

وتصنع أسلاك المقاومة من أسلاك متطورة (نيكل 45% ، نحاس 55%)، وكونستانتان (نحاس 54% ، نيكل 46%)، وحديد - كروم، وأشباه موصلات سليكونية ، ومواد أخرى .ويبين الشكل ٢-٣٦، أشكال المقاومات السلكية . ويتم لصق أسلاك المقاومة على ألواح ورقية بلاستيكية أو رقيقة معدنية ، ويتم معالجتها كيميائياً لتستخدم على شكل مشط، وتسمى بمقاييس الانفعال .

عند قياس الانفعال باستخدام مقاييس انفعال ذات سلك المقاومة ، يتم تجليخ أسطح الأجزاء المطلوب قياسها مثل ألواح الصلب بعناية لجعل الأسطح ناعمة ، ويلصق مقياس الانفعال عليها باستعمال مادة لاصقة قوية مثل لصق الغراء الراتنجى . وعند وضع مقياس الانفعال ، يجب أن يكون اتجاه تمدد لوح الصلب متوافقاً مع اتجاه سلك المقاومة .

وتكون التغيرات فى المقاومة صغيرة، ولذا تستخدم دائرة قنطرة هويتستون Wheatstone Bridge فى القياس . فتحافظ القنطرة على الاتزان ولا يظهر أي تغيير فى المكبر في حالة $a . x = b . R$ بين قيم المقاومات للأربعة جوانب. فإذا تغيرت قيمة المقاومة X قليلا ، تظهر قيمة فى المبين تبعاً لقيمة المقاومة .



الشكل ٢ – ٣٦ مقاييس الانفعال

ومقياس الانفعال ذو سلك المقاومة هو جهازمدمج وخفيف وله سمة ممتازة، وهى أنه يمكن قياس الانفعالات (التمدد) والإجهادات عند عدة نقط فى وقت واحد. ويستخدم مقياس الانفعال ذو سلك مقاومة فى قياس الأحمال، والضغوط ، والعزوم ، وأشياء أخرى ،(انظر الشكل ٢-٣٧)

٢-٦-٣ نظام التحويل بالمحاثات Inductance Conversion System

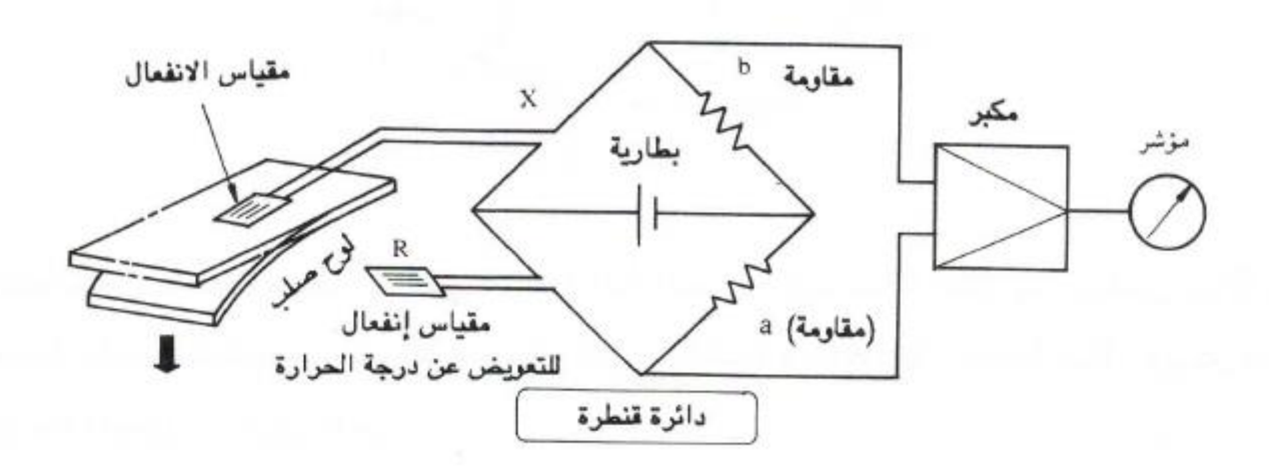
عندما يزيد أو ينقص التيار المار فى ملف ، يتغير الفيض المغنطيسي الذى يتخلل الملف ، مسببا تولد قوة دافعة كهربائية فى الملف . وتسمى هذه الظاهره بالحث الذاتيّ ، بينما يسمى المعامل الذى يبين درجة الحث الذاتى بالمحاثة .

وبوضع ملف آخر بالقرب من الملف الأول ليخترق الفيض المغنطيسى ، تحدث تأثيرات متبادلة بين الملفات. وتسمى هذه الظاهرة بالحث المتبادل .

[١] الميكرومتر الكهربائى بتحويل المحاثة

كما يظهر فى الشكل ٢-٣٨، توضع قطعة من الحديد بين الملفات L_1, L_2، الخاصين بمحول المحاثة ، وتتكون دائرة قنطرة من الملفات الثابته X_1 ، X_2 للميكرومتر الكهربائى بتحويل المحاثة . تتزن القنطرة عندما تكون القطعة الحديدية موضوعة فى المركز بين L_1 ، L_2 ويشير المبين إلى الصفر « 0 » . فإذا وضع جزء مطلوب قياسه على الميكرومتر ، يتحرك عنصر القياس تبعاً للسمك (الثخانة)، وتتحرك قطعة الحديد رأسيا لتشتبك معه .

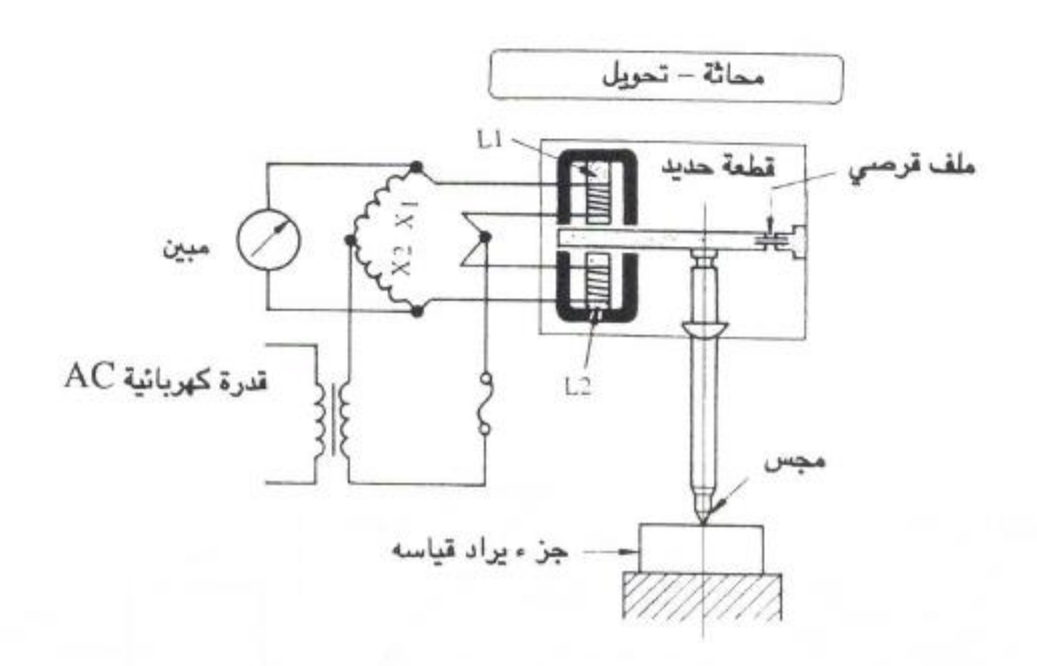
وتصل أجزاء المقياس إلى ١ ميكرومتر، ومدى القياس$(10\sim 15)$١ ميكرومتر.



تستخدم دائرة قنطرة هويتستون لقياس التشوهات . يستخدم أحد فروع قنطرة المقاومة الكهربائية على مقياس الانفعال للقياس ويستخدم الفرع الآخر للقنطرة نفس نوع مقياس الانفعال للتعويض عن الخطأ الناتج من درجة الحرارة .

١- بدون حمل ←—— $a.X = b.R$ .... يبين المؤشر صفر.
٢- في حالة حمل ←—— مقاومة المقياس $X + \Delta X$ (عدم اتزان) ←—— يبين المبين بعض الانحراف .

الشكل ٢ - ٣٧ دائرة قياس مقياس الانفعال ذو سلك المقاومة



عندما تتحرك قطعة الحديد الى أعلى نتيجة إزاحة المجس ، تزيد محاثة الملف L_1 وتنقص محاثة L_2 وتعمل دائرة القنطرة على أن يكون سريان التيار متناسباً مع الإزاحة . ونتيجة لهذا ، ويمكن قراءة إزاحة المجس عن طريق المبين .

الشكل ٢-٣٨ ميكرومتر كهربائى بتحويل المحاثة

[٢] ميكرومتر كهربائى ذو محول فرقي (تفاضلي)

Differential-transformer Electric Micrometer

كما يرى فى الشكل ٢-٣٩ ، يوجد ثلاثة ملفات ملفوفة على ميكرومتر كهربائي ذي محول فرقي. ويتم تطبيق جهد تيار متردد (مقداره 2-3 KHz تقريباً) على الملف الابتدائي في المركز بواسطة مذبذب. يحتوي الملف على قلب متحرك . فإذا وضع القلب المتحرك في مركز الملف، تتساوى القوى الدافعة الكهربائية E_A ، E_B المتولدة في الملفات الثانوية A ، B . وإذا تم إزاحة عنصر القياس وتحرك القلب المتحرك ، تتغير القوى الدافعة الكهربائية E_A ، E_B المتولدة في الملفات A ، B، أيضا. ويتم بيان الفرق بين القوتين الدافعتين $E_A - E_B$ كخرج .

وتكون أجزاء المقياس للمبين هى من 0.5 إلى 10 ميكرومتر. ويوجد لبعض المبينات مدى قياس ١٨٦ (30 ≡ 150 ميكرومتر).

ويستخدم المحول الفرقى أساسا مع الميكرومتر الكهربائي ·وبالإضافة إلى استخدامه كميكرومتر كهربائي، يستخدم أيضا فى التحكم الأوتوماتيكي، كأطراف للكشف في حالة الأنوا ع المختلفة من الإزاحات الدقيقة .

وللميكرومتر الكهربائى ذي المحول الفرقى، الخصائص التالية :

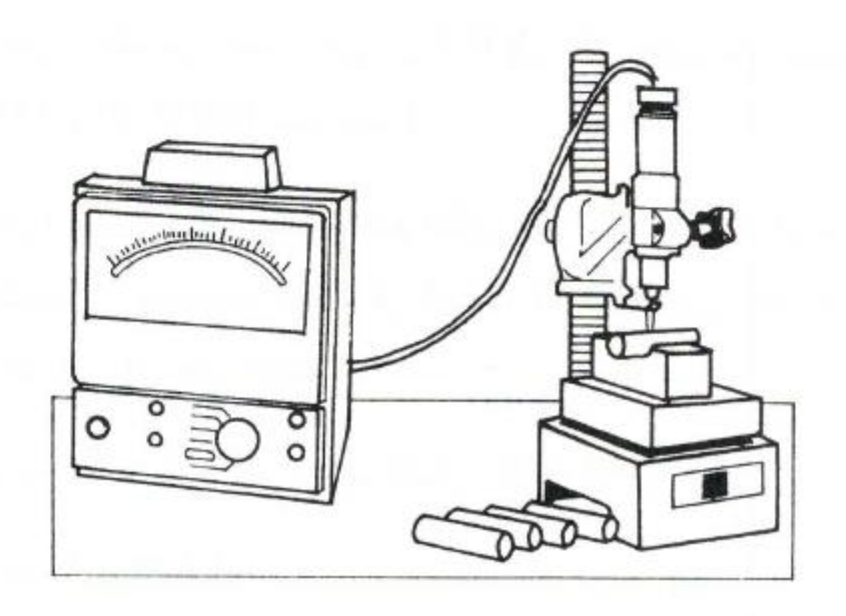
(١) حساسية عالية للغاية .

(٢) تكبير عالي . ويمكن الحصول على تكبير مختلف بالانتقاء .

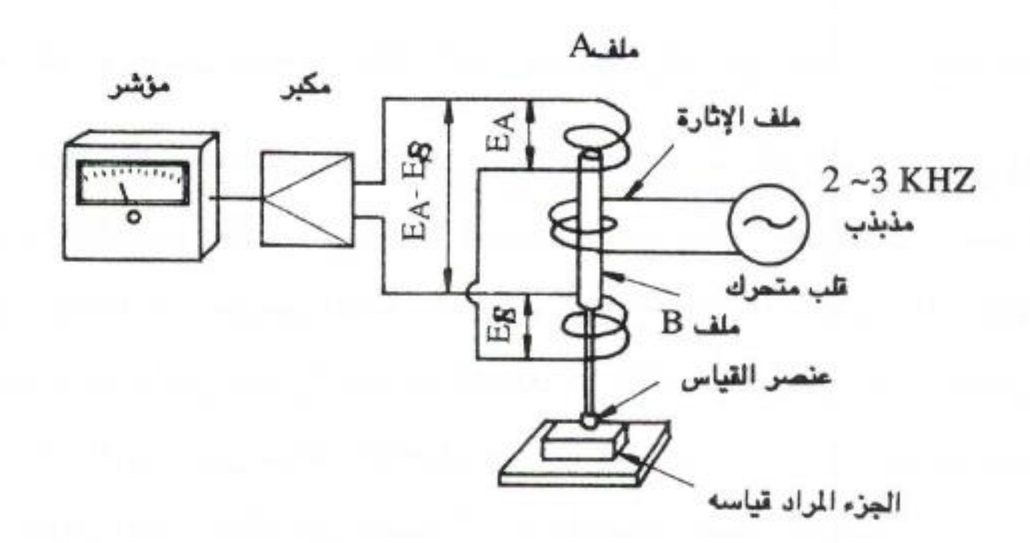
(٣) آلية التحويل خالية من الأخطاء مثل الاحتكاك،ودقة الميكرومتر جيدة·

(٤) مدمج وسهل حمله من مكان لآخر ،ويمكن تركيبه في العمليات الصناعية بسهولة.

(٥) يمكن استخدامه بسهولة في مختلف أنوا ع التحكم الأوتوماتيكي والتسجيل . يستخدم الميكرومتر الكهربائي أيضا كمعدة قياس أبعاد أوتوماتيكية للتحكم فى آلات التشغيل . وكما هو مبين فى الشكل ٢-٤٠ ، تسمى المعدة التى تقيس المشغولات مباشرة أثناء التشغيل، والتي تعطي إشارات للتحكم فى الآلة ، «المقياس أثناء العمليات». بينما تسمى المعدة التى تقيس قطعة التشغيل بعد التشغيل ، وتعيد نتائج القياس مرة أخرى إلى الآلة عن طريق إشارات،كما فى الشكل٢-٤١، «المقياس بعـــد العمليات».

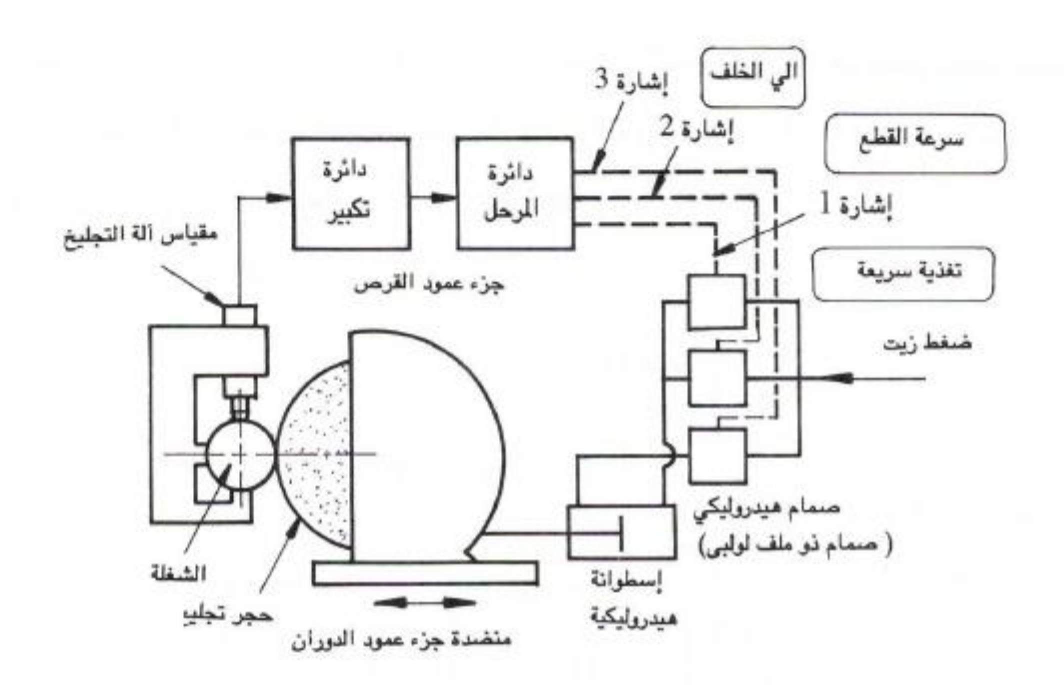


(أ) الشكل الخارجي



(ب) شكل تخطيطي

الشكل ٢– ٣٩ ميكرومتر كهربائى ذو محول فرقى (تفاضلى)



يستطيع المقياس ذو الكاشف قياس شغلة يراد تجليخها عندما تصل قيمة الجزء المقاس إلى القيمة التى تم ضبطها من قبل .تعمل الدائرة الكهربائية على إرسال إشارة كهربائية وتعمل الإشارة على تشغيل وإيقاف الصمام الهيدروليكى ثم يتم التحكم فى حركة جزء عمود القرص

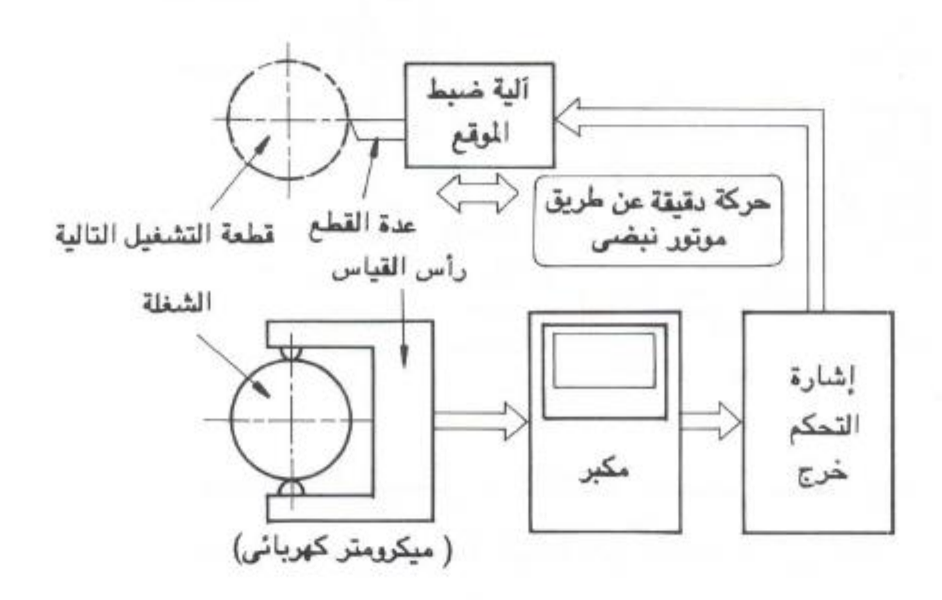
الشكل ٢ - ٤٠ معدات قياس أبعاد أتوماتيكية فى آلة تجليخ الاسطوانات

٢- ٦ - ٤ نظام التحويل بالسعة الكهروستاتية (قياس بتحويل المكثف)

Electrostatic Capacity Conversion System

تُخزّن الشحنة الكهربائية عند تطبيق فرق جهد بين قطبين معزولين كهربائيا . وفى هذا الوقت ، تتناسب سعة الكهرباء الساكنة طردياً مع مساحة الأقطاب المتقابلة، وعكسياً مع المسافة بينهما .

عند قياس أبعاد الشغلة بعد التشغيل ، يمكن التعويض عن موضع عدة القطع في حالة التشوه بالحرارة . ويتم التعويض بطريقة عكسية . وعندما يصل عدد مرات التعويض الى عدد مرات معين ، يتم إرسال إشارة لتغير عدة القطع .



الشكل ٢-٤١ تصحيح التآكل فى عدد القطع

$$C = \in \frac{A}{l} \quad [F] \quad (2\text{–}11)$$

حيث:

C : سعة الكهرباء الساكنة (فاراد)

A : مساحة القطب (م٢)

l : المسافة بين الأقطاب (م)

$\in$: سماحية العازل بين الأقطاب (فاراد\م)

ويسمح نظام التحويل بسعة الكهرباء الساكنة بالقياس بسرعة عالية ودرجة دقة عالية لمختلف الأبعاد بلا تلامس، بوحدات المليمتر . وبالإضافة إلى قياس سمك المعادن ، يمكنه قياس سمك ألواح الفينيل والأقمشة والأصناف الأخرى.كما يمكن قياس الزوايا الدقيقة عند دوران القطب نصف القرصى . وباستخدام مادة سيراميكية تمتص الماء كعازل بين الأقطاب ، تتغير السماحية ∈ تبعاً لتغير الرطوبة، ويمكن أن يستخدم لقياس الرطوبة .

٢-٦-٥ نظام التحويل الكهروضوئى

Optoelectric Conversion System

تشمل الأجهزة التى تستقبل الضوء وتحوله إلى إشارات كهربائية الترانزستورات الضوئيةوخلايا كبريتات الكادميوم والخلايا الكهروضوئية.

[١] الترانزستور الضوئى Phototransistor

بإضافة كمية صغيرة جداً من الشوائب، إلى بعض المواد الغير موصله ، مثل السليكون ، يمكن الحصول على نوعين من أشباه الموصلات بخصائص مختلفة . وبتوصيل هذين النوعين من الأشباه موصلات مع بعضهما وإسقاط ضوء عند نقطة الوصلة ، تنبعث الكترونات ضوئية وتتولد قوة دافعة كهربائية . وتسمى هذه الظاهرة بالتأثير الكهروضوئي ، حيث يمكن تحويل كمية الضوء إلى كمية كهربائية .

والترانزستور الضوئي مدمج وذو حساسية عالية. ويستخدم بكثرة فى مجالات مختلفة من استخدام أجهزة القياس ، وكأجهزة فى الاتصالات الضوئية وكجهاز الكتروضوئي فى التحكم الأوتوماتكي. والثنائى الضوئى هو مجموعة مؤتلفة من الثنائي المشع للضوء (LED) ، الذي يشع ضوءاً ساطعاً نسبيًا بتيار صغير وترانزستور ضوئي .

[٢] خلية كبريتات الكادميوم Cadmium Sulfide Cell

من خصائص أشباه الموصلات المصنوعة من كبريتات الكادميوم (CdS)، أن المقاومة الكهربائية لها تنخفض عند تعرضها للضوء . وهي تستخدم بكثرة في كشف الأشعة المرئية وتحت الحمراء . ولها حساسية عالية ولكن استجابتها بطيئة . وتستخدم كمقاييس للتعرض ، وكدوائر عد أوتوماتيكية بطيئة نسبياً ، ومفاتيح أوتوماتيكية ، وكأغراض أخرى .

[٣] الخلية الكهروضوئية Photovoltaic Cell

تنقسم الخلايا الكهروضوئية إلى أشباه موصلات من النوع السليكوني أحادي البلورة، والنوع غير المتبلور. ونسبة التحويل الكهروضوئيـــــة هى 14% - 10 فى الخلايا أحادية البلورة، و 8 % - 7 في الخلايا غير المتبلورة. وتنتشر الخلايا الكهروضوئية بسرعة كمصادر إمداد بالقدرة (عدة عشرات إلى عدة مئات من الوات تقريبا) في الأنظمة التى لا يديرها الإنسان فى الجبال والمناطق البعيدة ، وكبديل للبطاريات الصغيرة فى الحاسبات الالكترونية والساعات .

٢-٦-٦ نظام التحويل الكهربائي الإجهادي

Piezoelectric Conversion System

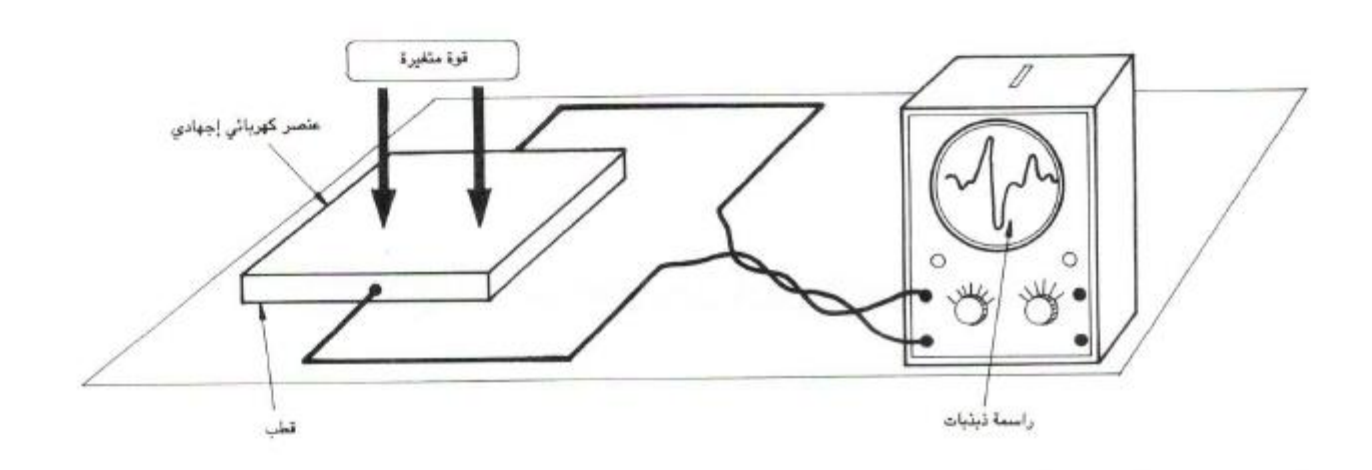
عند وضع قوة شد أو ضغط على بلّورات مثل الكوارتز، يتولد جهد على أسطحها . وتسمى هذه الظاهرة بالتأثير الكهربائي الإجهادي. ويتناسب الجهد المتولد مع القوة التى تسبب الإنفعال ،وتكون الاستجابة سريعة تمكن من استخدامها فى قياس الإهتزازات وقوى التصادم. ويبين الشكل ٢-٤٢، المعدة التي تقيس تغيرات الإجهاد باستخدام راسمة الذبذبات (ارجع إلى الفقرة الفرعية [٤] التالية) .

٢-٦-٧ نظام التحويل المغنطيسيي(المقياس المغنطيسي)

Magnetic Conversion System (Magnetic Scale)

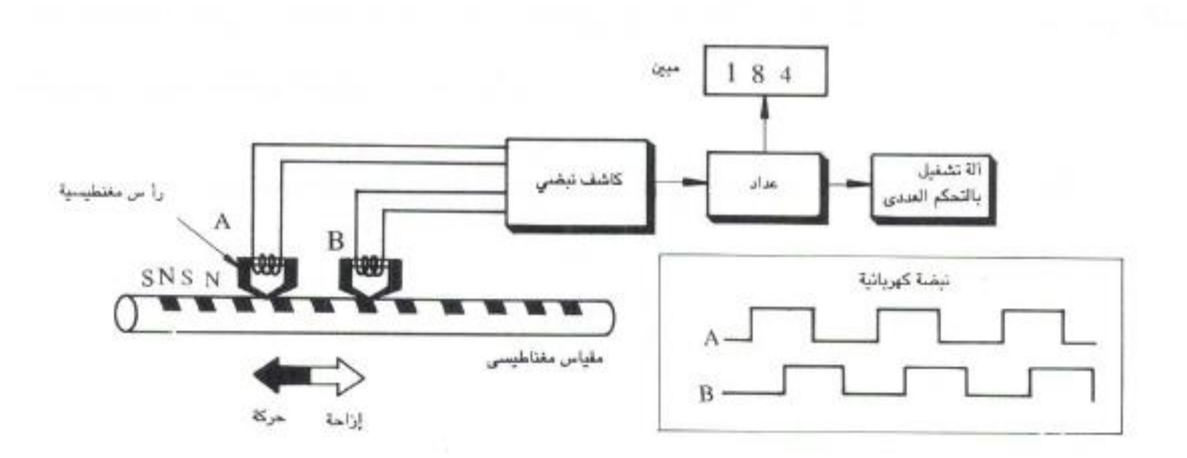
تُرتب قضبان قصيرة من الصلب MK (أحد أنواع الصلب المغنطيسي مكون من 25-27% نيكل ،12-15% ألومنيوم ، وأقل من 4% نحاس، وأقل من 4% من التيتانيوم،والباقي من الحديد) وهي مغنطيسات دائمة ، على مسافات متساوية أو بشكل شريط مغنطيسي مستقيم يتمغنط بالتبديل N-S , S-N , N-S ،ويسمى المقياس المغنطيسى، ويستخدم لقياس الأطوال .

وبتحريك رأس مغنطيسية ، تتولد نبضات كهربائية بين الملفات B,A



الشكل ٢-٤٢ التأثير الكهربائي الإجهادي

كما في الشكل ٢-٤٣ . ويتم عدّ هذه النبضات الكهربائية لتعيين كمية التحرك . ويمكن تعـيين إتجـاه التـحـرك عن طريق القص الزمنى بين الملفين B,A. وبفـرض أن المقـيـاس المغنطيسي يتحرك ناحية اليمـــين، فإن قمم الملف B تصل بعد وصول قمم الملف A .



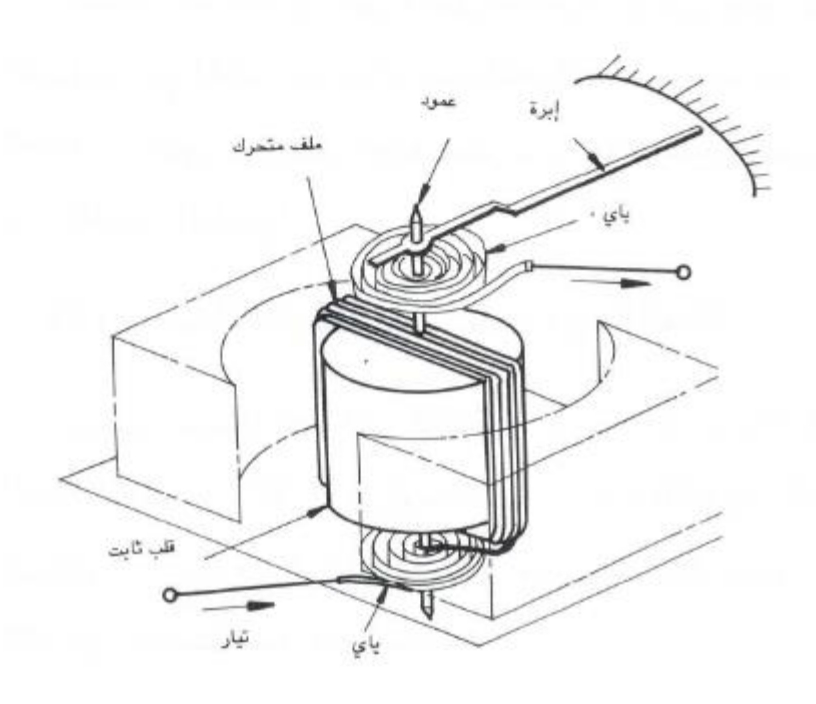
الشكل ٢-٤٣ قياس الطول عن طريق التحويل المغنطيسي

يقاوم عنصر القياس هذا ، البقع والزيوت وهو خالي من أخطاء الحركة الارتجاعية الناتجة من العجلات المسننة والمسامير المسننة . ويثبت في أجهزة القياس ، وآلات التشغيل ذات التحكم العددى (ارجع إلى الجزء ٧ - الفصل العاشر) ، ومعدات أخرى للقياسات الرقمية .

٢-٦-٨ أجهزة القياس ذات المؤشر Indicating Instruments

[١] الفولتمتر والأميتر Voltmeter and Ammeter

تستخدم أجهزة القياس ذات الملف المتحرك كأجهزة قياس لتبين الجهد والتيار في حالة التيار المستمر .وكما في الشكل ٢-٤٤ ، يثبت بأجهزة القياس ذات الملف المتحرك ملـــف متحـــرك له إبرة بيان، يمكنها الدوران داخل مغنطيس N-S .



عندما يمر تيار فى الملف المتحرك تنتج قوة كهرومغنطيسية عن طريق مغنطيس ، وتجعل الملف المتحرك يدور . وعندما تتزن قوته مع عزم الياي ، يتوقف عن الدوران. وتبين إبرة المبين الزاوية تبعاً لقيمة التيار في الملف .

الشكل ٢-٤٤ جهاز قياس ذو ملف متحرك

[٢] الأومّتر (مقياس المقاومة) Ohmmeter

يجعل الأومّتر، المستخدم لقياس المقاومة الكهربائية، الجهد المؤثر على نهايتى المقاومة الكهربائية ثابتاً، ويبين التيار الذى يتناسب عكسيا مع المقاومة الكهربائية وهذه الطريقة هى طريقة القياس بالانحراف ، وهي تبين القيمة المقاسة مباشرة . وتكون دقة البيان للأجزاء ذات المقاومة العالية منخفضة .

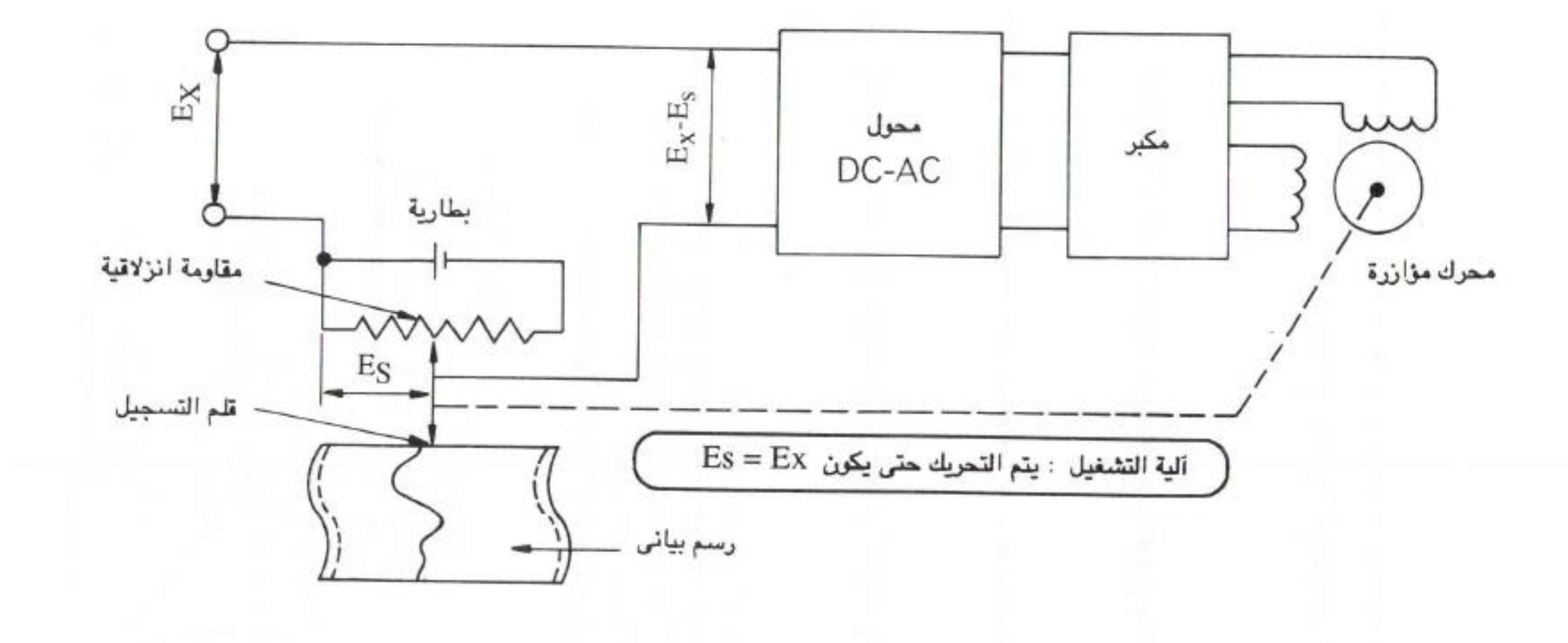
ونوصي باستخدام قنطرة هويتستون كما فى دائرة قياس مقياس الانفعال ذي سلك المقاومة في حالة الدقة العالية .

[٣] المسجل Recorder

تشمل المسجلات، التي تعمل مباشرة ، والتى يثبت فيها قلم تسجيل على مؤشر جهاز القياس ذي الملف المتحرك مثل الفولتمتر والمسجل ذي الاتزان الذاتى ،(انظر الشكل ٢-٤٥)، والذى يتزن عن طريق محرك مؤازرة (سيرفوموتور) ،(ارجع إلى الفقرة ٢ - الجزء ٤ - الفصل التاسع).

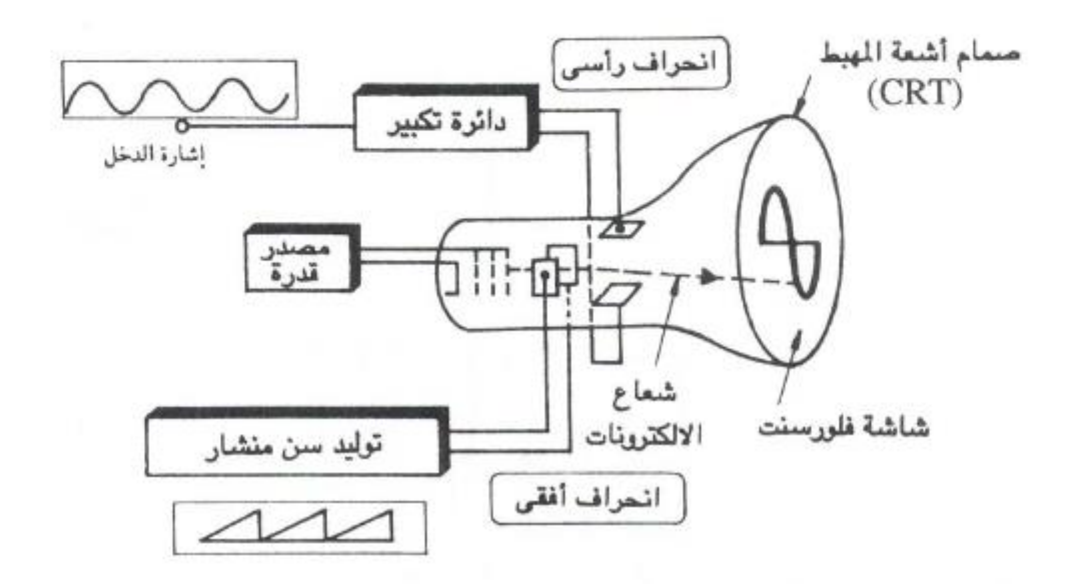
[٤] راسمة الذبذبات Oscillograph

يمكن ملاحظة الظواهر كأشكال موجية عند إدخال إشارة كهربائية باستخدام صمام أشعة المهبط (CRT). وتستخدم راسمة الذبذبات التي تعتمد على هذا المبدأ ،(انظر الشكل ٢-٤٦)، فى تحليل الحركة السريعة مثل دوران محركات الاحتراق الداخلى أو الظواهر اللحظية مثل الصدمات.



بمقارنة الجهد المقاس E_s مع جهد المقاومة الانزلاقية E_x للمسجل – وعندما لا يكون صفراً ، يدور محرك مؤازرة ليحرك مقاومة الانزلاقية بمقدار $E_s - E_x$ ويمكن أن يسجل قلم التسجيل (على رأس المزلقة) القيمة المقاسة .

الشكل ٢–٤٥ مسجل ذو توازن ذاتي



يضيئ شعاع الالكترونات على شاشة فلورسنت ويتم إمداد جهد سن المنشار بلوح الانحراف الأفقى .
وينجذب شعاع الالكترونات إلى الجانب الموجب ثم ينحرف إلى اليمين أو اليسار على الشاشة . وتدخل إشارة الدخل وتعرض الأشكال الموجية على الشاشة الفلورسنت .

الشكل ٢ – ٤٦ مبادئ راسمة الذبذبات (أو سيلوجراف)

تمرين ١٢

ماهى العلاقة التى تربط المقاومة الكهربائية والتيار المار فى الأومتّر ؟

تمرين ١٣

فكر فى طريقة قياس باستخدام راسمة الذبذبات .

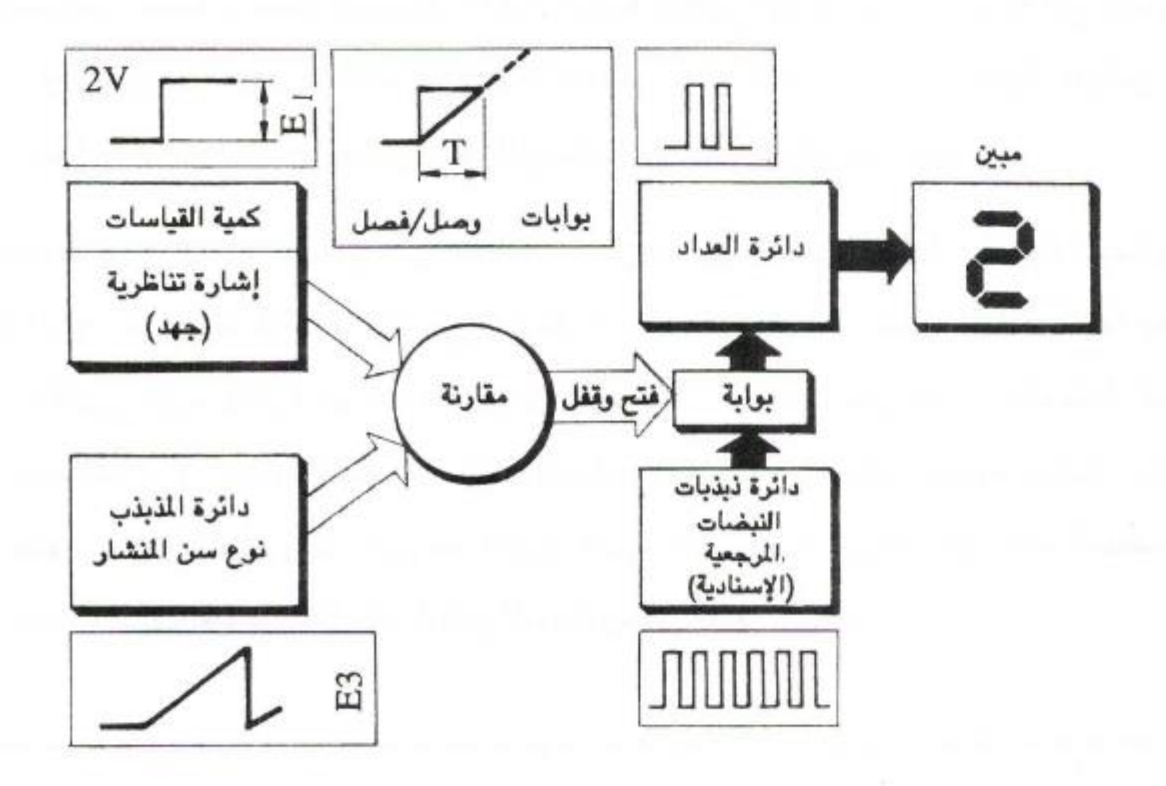
٢-٦-٩ تحويل الإشارات من تناظرية إلى رقمية AD Conversion

تستخدم أنظمة مختلفة للتحويل (AD) وفيه تتحول الإشارات التناظرية إلى إشارات رقمية . وتشرح هذه الفقرة نظام عد النبضات.ففى هذه الطريقة تتحول كمية القياس إلى جهد ، يتم استبداله بالزمن، ويظهر عدد النبضات المرجعية خلال هذا الوقت .

وباستخدام دائره مذبذب سن المنشار ، يتزايد جهد سن المنشار بنسبة ثابتة وتتم مقارنة الجهد الذي يتم قياسه، كما فى الشكل ٢-٤٧ وفي البداية، تفتح البوابة عندما يظهر الجهد المقاس. وتولد دائرة مذبذب النبضات المرجعية ، نبضات على فترات منتظمة تقريبا تدخل باستمرار فى دائرة العد من خلال البوابة . وفي نفس الوقت تقفل البوابة ، عندما يزداد جهد سن المنشار ويتساوى مع الجهد الذي يتم قياسه . ويتم بيان عدد النبضات، التى دخلت دائرة القياس أثناء فترة فتح البوابة وحتى قفلها ، رقميا .

تمرين ١٤

فى الشكل ٢-٤٧ ، ماذا يمكن عمله لتحسين حساسية جهاز القياس؟



الشكل ٢-٤٧ التحويل التناظرى الرقمى (طريقة عدّ النبضات)

٢ – ٧ استخدام أجهزة قياس الشكل Instrmentation of Shape

٢-٧- ١ أجهزة القياس الضوئية Optical Measuring Instruments

تستخدم أجهزة القياس الضوئية، بشكل عام، عند ضرورة قياس الأجزاء ذات الأشكال المركبة (المعقدة)، مثل المسامير المسننة والعجلات المسننة (محدبات) ، بدقة .

وتستخدم حاليا أجهزة قياس ثلاثية الأبعاد بمساعدة الحاسب.

[١] مجهر العِدّة Tool Microscope

يبين الشكل ٢-٤٨، المنظر الخارجي والمسار الضوئي لمجهر العِدّة.

ويمكن أن يستخدم مجهر العِدّة كجهاز إسقاط . كما يمكناستخدام بعضها في قياس الارتفاعات .

[٢] جهاز عام لإسقاط المظهر الجانبي على شاشة

Universal Profile Projector

يبين الشكل ٢-٤٩، المسقط الخارجى والمسار الضوئى لجهاز الإسقاط العام. ومن الممكن أن نقوم بعمل مقارنة مع الصور المسقطة، وذلك بوضع رسم تخطيطي مرجعي مكبر على الشاشة .

٢-٧-٢ أجهزة القياس ثلاثية الأبعاد

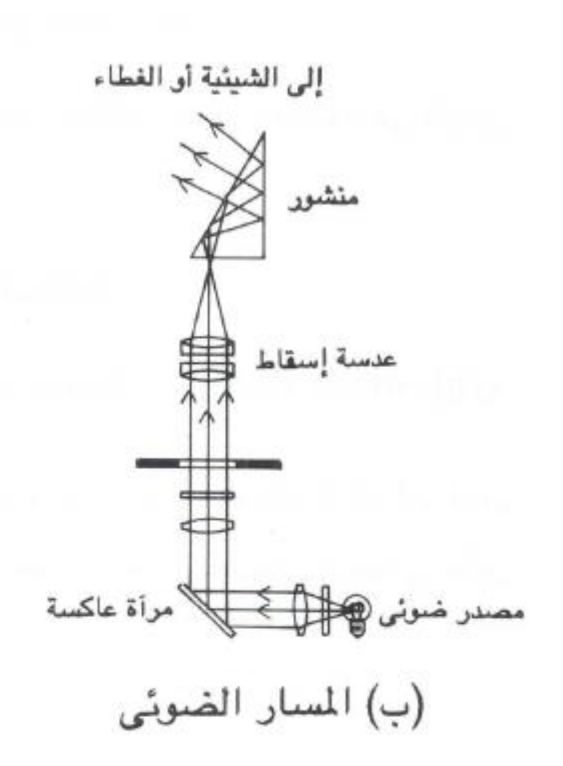
Three- dimensional Measuring Instruments

تقوم أجهزة القياس ثلاثية الأبعاد بقياس أبعاد وأشكال القطع المشغلة بجعل محاور أجهزة القياس X ، Y ، Z فى اتجاهات الأفقي ، والطولي والرأسي .

وتقاس بيانات (معلومات) إحدى النقط بالنسبة للثلاثة محاور فى نفس الوقت ، وبهذا تتحقق دقة عالية وسرعة عالية فى القياس ، بالإضافة إلى إمكانية معالجة البيانات وتسجيلها، وذلك بتوصيل أجهزة القياس إلى حاسب دقيق أو حاسب آخر .



(أ) الشكل الخارجي



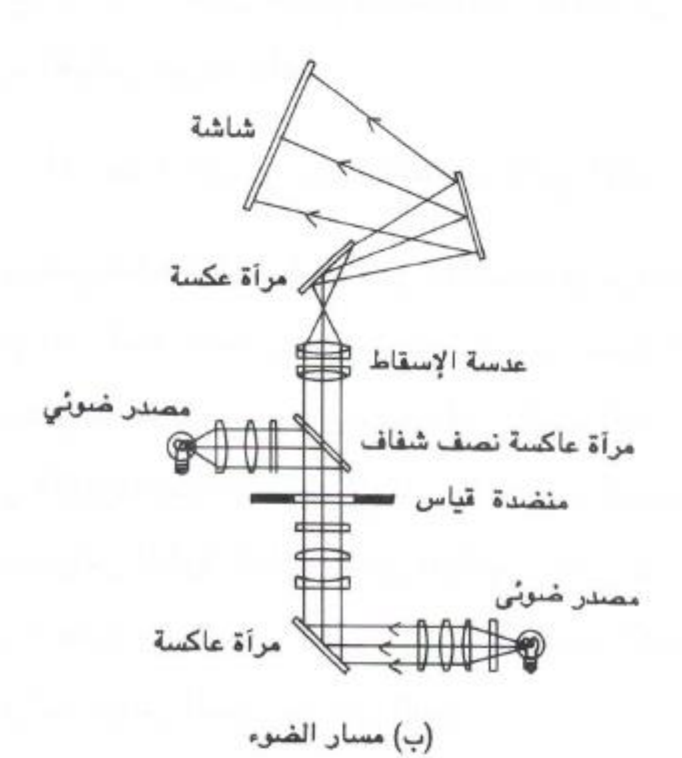
(ب) المسار الضوئى

يجهز جزء القياس بحامل قياس يتحرك للأمام والخلف واليمين واليسار على منضدة دوارة . ويشمل نظام التكبير مجهر بمعامل تكبير 10 - 50 مرة وينقل الجزء (المراد قياسه) بالنسبة لخط صليبه في مجال الرؤية. يمكن قراءة الإزاحة بواسطة ميكرومتر . ويمكن قراءة الزاوية بمقياس دائري على منضدة دوّارة بدوران الجزء المراد قياسة ، أو مقياس دائرى على العينية بدوران خط الصليبة في مجال الرؤية .

الشكل ٢ – ٤٨ مجهر العِدّة



(أ) الشكل



(ب) مسار الضوء

يتم إسقاط الجزء المراد قياسه على الشاشة الزجاجية المسنفرة مع تكبير 10-100 مرة .

الشكل ٢-٤٩ جهاز إسقاط عام لقياس المظهر الجانبى

وتعطي أجهزة القياس ثلاثية الأبعاد المزايا التالية :

(١) يمكن قياس الأبعاد بوضع الأجزاء التي يراد قياسها في وضع واحد فقط على لوح سطحي ، بدلا من القياس بتغيير وضع تثبيت الجزء كما سبق . وبهذا تتحقق كفاءة عالية إلى حد بعيد .

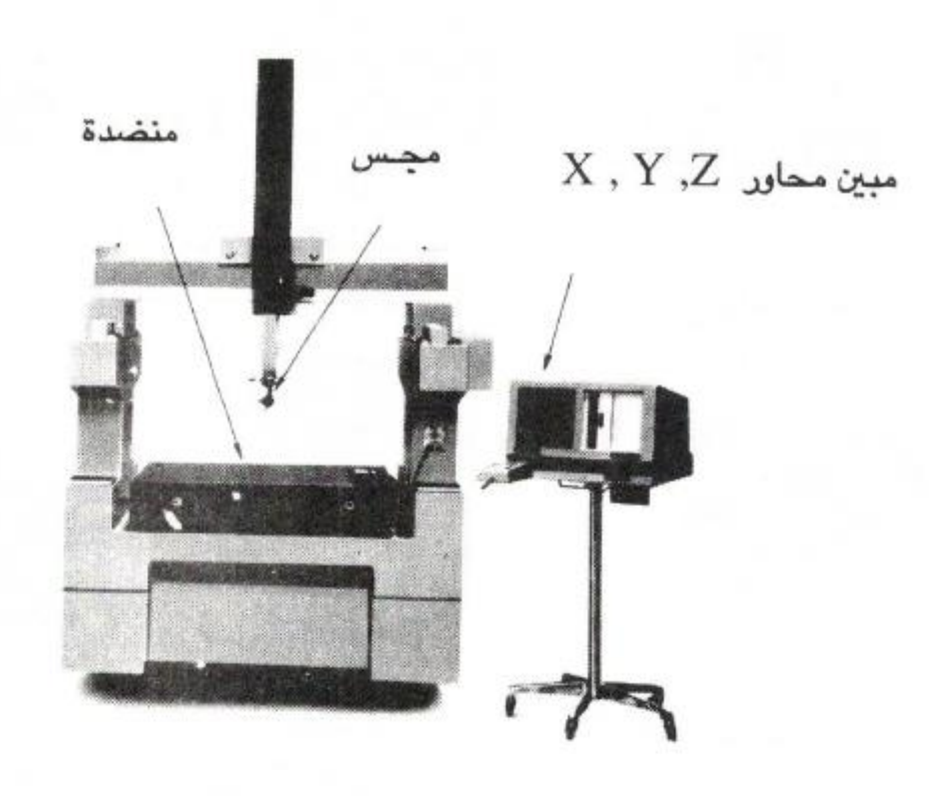
(٢) يمكن قراءة القيم المقاسة أوتوماتيكيا، ويمكن القيام بالقياسات بطريقة أوتوماتيكية . وتكون النتائج أكثر فعالية إذا كان للأجزاء التي يراد قياسها نقط أكثر يلزم قياسها وأشكال أكثر صعوبة. ويمكن القيام بالقياسات، التى كانت، صعبة للغاية من قبل، بسرعة مثل القيام بقياس الأسطح المنحنية الحرة .

(٣) بإضافة معالج بيانات ، يمكن القيام بالحسابات المختلفة ورسم الأشكال بسهولة، وتتحسن قدرة القياس بدرجة عالية .

ويبين الشكل ٢-٥٠ المسقط الخارجي لجهاز القياس ثلاثي الأبعاد .

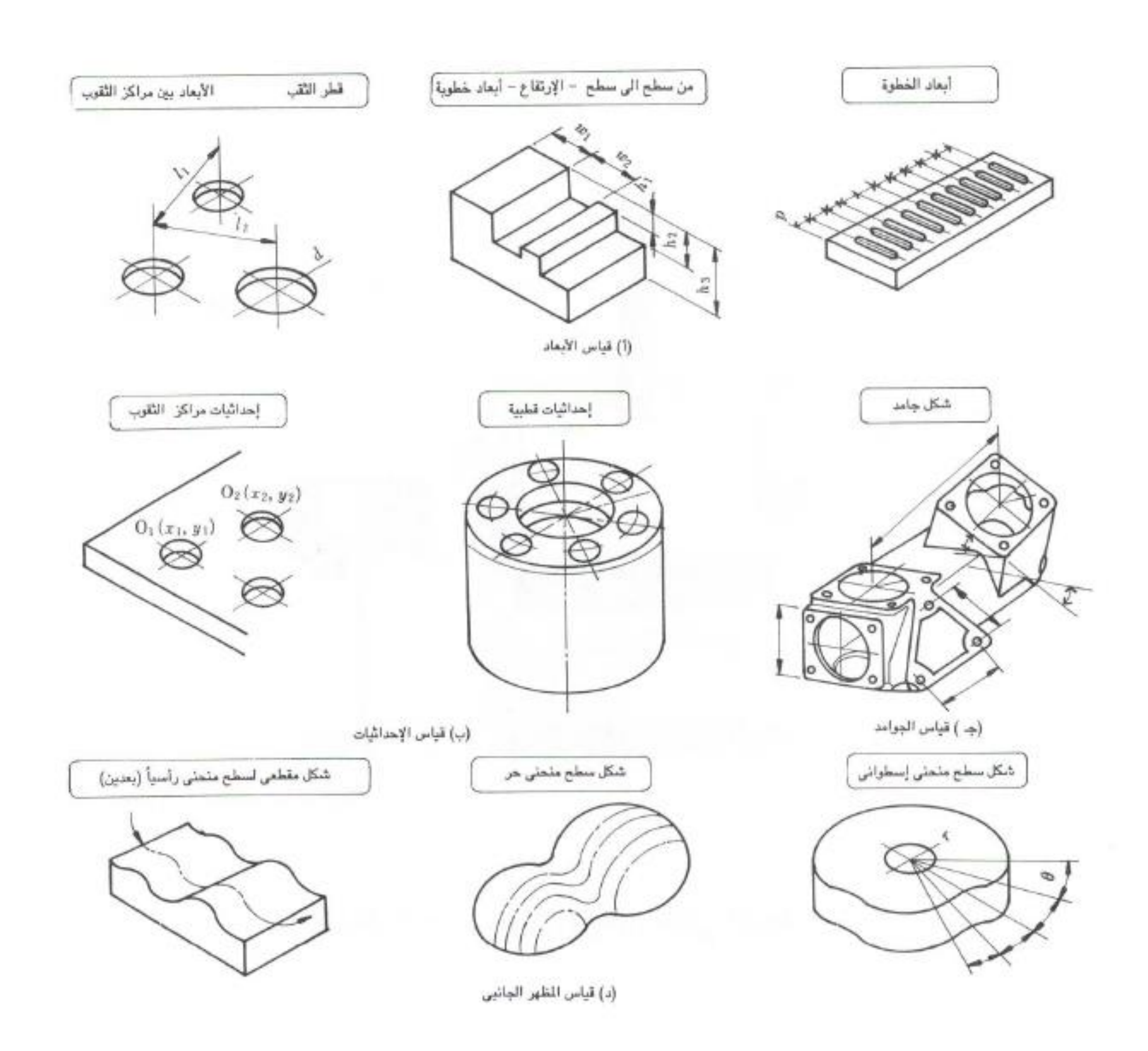
فى القياسات ، توضع قطعة التشغيل على المنضدة ويتم تحريك المجس Probe (كاشف لتحديد الموضع عند نقطة القياس). ويستخدم كرسي تحميل كروي أو هوائي كآلية لتوجيه الحركة . وتستخدم آلية تغذية بمسمار مسنن إذا تطلبت القياسات درجة دقة عالية أو تحولت القياسات إلى الأوتوماتيكية لتحريك الموتور بالتحكم بواسطة الحاسب. وتستخدم المحاور Z, Y, X وحدة قياس الطول لنظام البيان الرقمي . وهي تستخدم كاشفات إشارة رقمية مثل المُشفرات الخطية ومقاييس هُدُب مُوَار والأجهزة الكهروضوئية الأخرى ، والمقاييس المغناطيسية وآلات قياس الطول بتداخل الليزر .

وبوضع المجس ملامسًا لسطح القياس ، يتم عرض الإحداثيات Z, Y, X لنقط التلامس لتسجيلها على مسجل أو لإدخالها على حاسب يتصـــل بـــه.



الشكل ٢-٥٠ جهاز القياس ثلاثي الأبعاد

ويمكن استعمال جهاز القياس ثلاثي الأبعاد بكفاءة أكثر بتوصيله مع معالج بيانات واستخدام برامج. ويستطيع الحاسب حساب بيانات الدخل ، ويطبع النتائج ويبين الرسوم البيانية باستخدام راسمة X-Y أو المعدات الأخرى .ويبين الشكل ٢-٥١، أمثلة قياسات بواسطةأجهزة قياس ثلاثية الأبعاد.



الشكل ٢-٥١ القياس عن طريق جهاز القياس ثلاثي الأبعاد

٢ – ٨ استخدام أجهزة قياس خشونة السطح

Instrumentation of Surface Roughness

المعادن التى يتم تشغيلها لها أسطح معقدة للغاية حيث ترتفع وتنخفض بشكل غير منتظم .وتسمى الأسنان الصغيرة والنتوءات، التى توجد فى طول مرجعي ثابت، بخشونة السطح .فإذا كانت أطوال الموجات أكبر منها تسمى التموجات السطحية. ولخشونة السطح علاقة وثيقة بالاحتكاك ، والتآكل، والتفاوتات فى الأبعاد، وعوامل أخرى للأسطح التى يتم تشغيلها، وتؤثر على مظهر الأسطح التى يتم تشغيلها .

٢–٨–١ طريقة التعبير عن خشونة السطح

تحدد المواصفات الصناعية اليابانية JIS ثلاث طرق للتعبير عن خشونة السطح(انظر الجدول ٢–٤).

٢–٨–٢ استخدام أجهزة قياس خشونة السطح

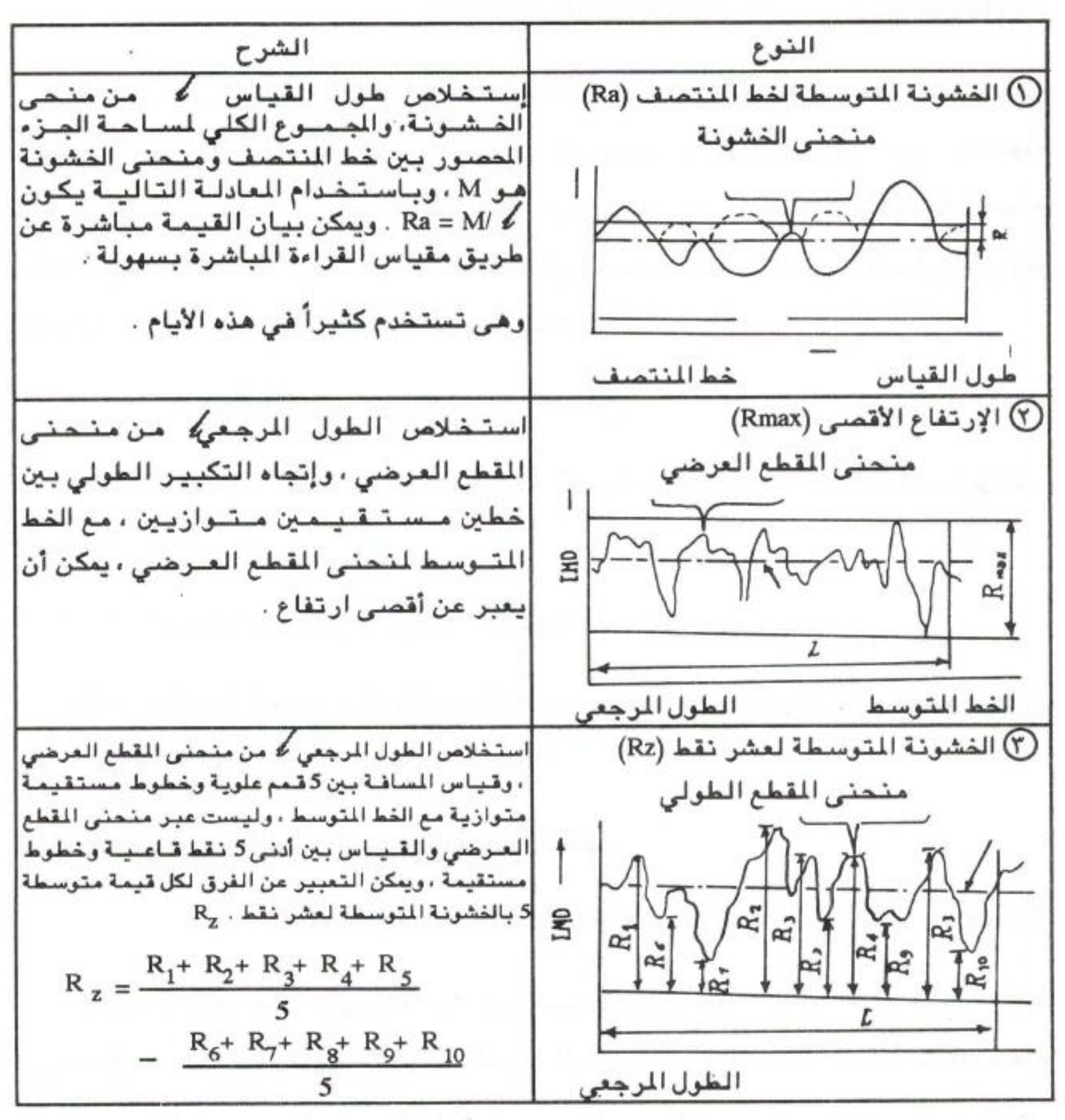
تقاس خشونة السطح بواسطة طريقة المتتبع ، وطريقة تداخل موجات الضوء وطرق أخرى . و تستخدم طريقة المتتبع في أغلب الحالات.

[١] مقياس خشونة السطح بطريقة المتتبع

Tracer - method Surface Roughness Meter

يتحرك كاشف مثبت على زلاقة بها إبرة تسجيل ودليل على السطح المراد قياسه ، كما في الشكل ٢–٥٢. ويتم تكبير إشارات الحركة الرأسية لإبرة التسجيل نتيجة لشكل سطح القياس ، وذلك لرسم منحنيات مقطعية على مسجل. وحاليا ، يوضع حاسب دقيق خاص فى وحدة الحسابات الكهربائية لعمل حسابات سريعة .

الجدول ٢-٤ طرق التعبير عن خشونة السطح



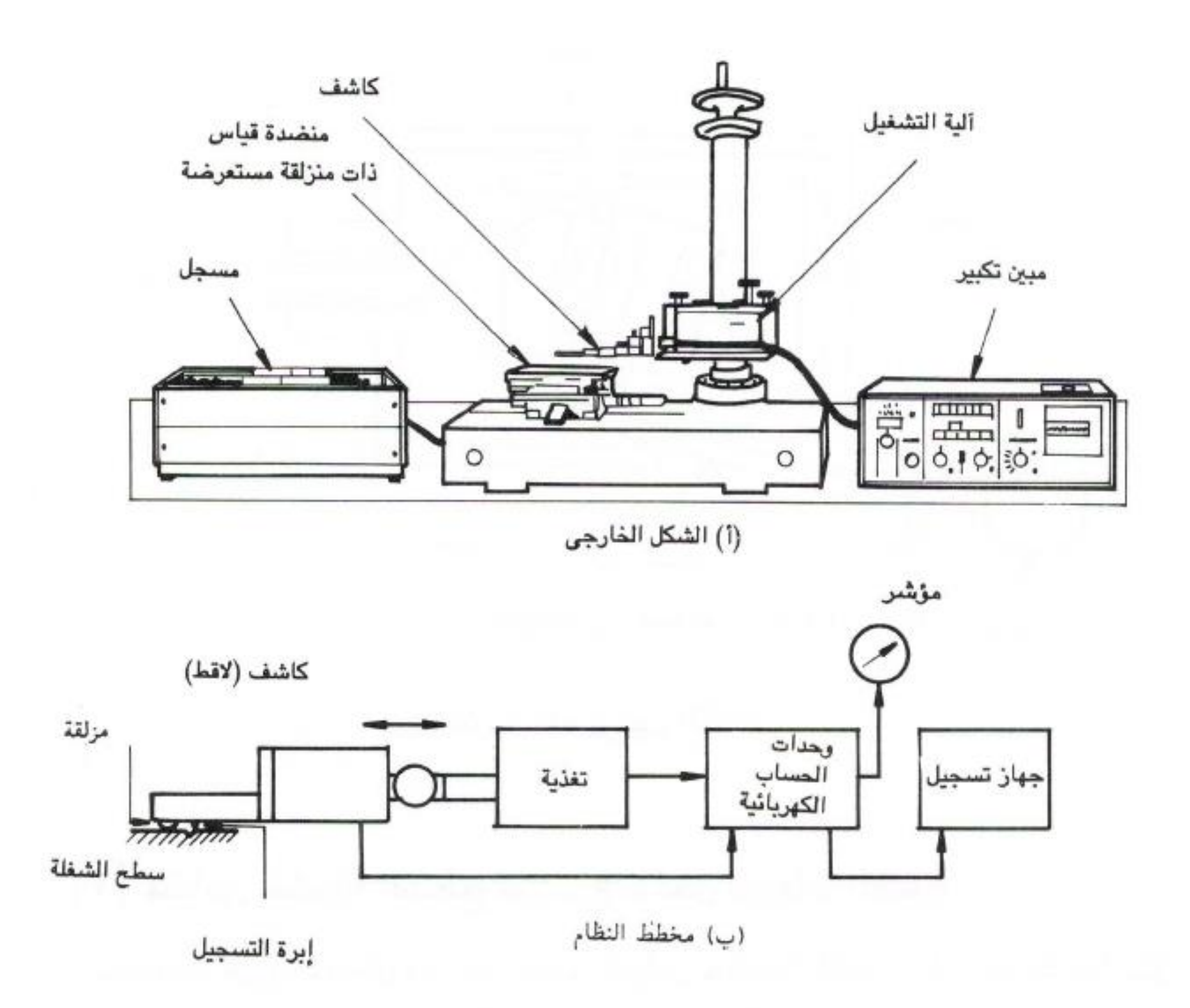
النوع	الشرح
① الخشونة المتوسطة لخط المنتصف (Ra) منحنى الخشونة خط المنتصف — طول القياس	إستخلاص طول القياس ℓ من منحنى الخشونة، والمجموع الكلي لمساحة الجزء المحصور بين خط المنتصف ومنحنى الخشونة هو M ، وباستخدام المعادلة التالية يكون $Ra = M/\ell$. ويمكن بيان القيمة مباشرة عن طريق مقياس القراءة المباشرة بسهولة . وهى تستخدم كثيراً في هذه الأيام .
② الإرتفاع الأقصى (Rmax) منحنى المقطع العرضي LMD — R_{max} — L الخط المتوسط — الطول المرجعي	استخلاص الطول المرجعي ℓ من منحنى المقطع العرضي ، وإتجاه التكبير الطولي بين خطين مستقيمين متوازيين ، مع الخط المتوسط لمنحنى المقطع العرضي ، يمكن أن يعبر عن أقصى ارتفاع .
③ الخشونة المتوسطة لعشر نقط (Rz) منحنى المقطع الطولي LMD — R_1 … R_{10} — L الطول المرجعي	استخلاص الطول المرجعي ℓ من منحنى المقطع العرضي ، وقياس المسافة بين 5 قمم علوية وخطوط مستقيمة متوازية مع الخط المتوسط ، وليست عبر منحنى المقطع العرضي والقياس بين أدنى 5 نقط قاعية وخطوط مستقيمة ، ويمكن التعبير عن الفرق لكل قيمة متوسطة 5 بالخشونة المتوسطة لعشر نقط R_z . $R_z = \frac{R_1+R_2+R_3+R_4+R_5}{5} - \frac{R_6+R_7+R_8+R_9+R_{10}}{5}$

ملحوظة : LMD : إتجاه التكبير الطولي

RD : إتجاه التسجيل

L : الطول المرجعي

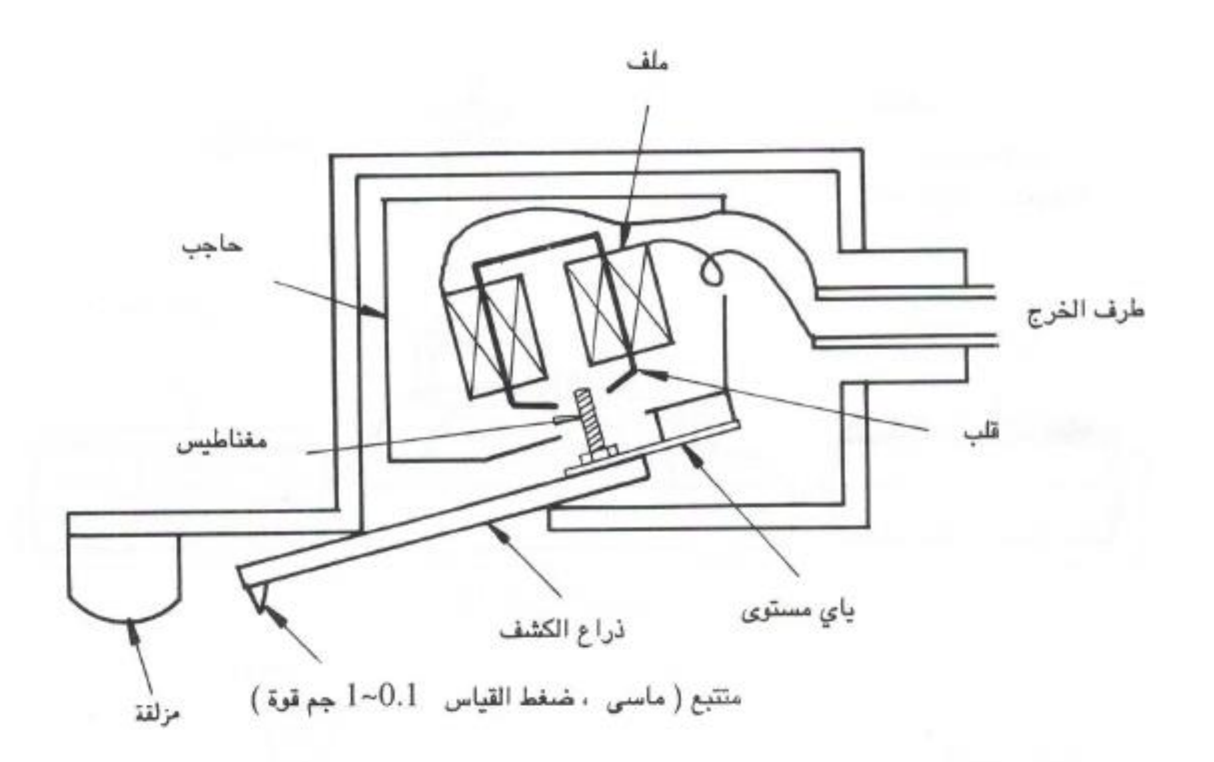
(ارجع الى JIS B 0601-1982)



الشكل ٢-٥٢ قياس خشونة السطح بطريقة المتتبع

ويبين الشكل ٢-٥٣، كاشف من النوع المغنطيسى المتحرك .وتعتمد الأنواع الأخرى على تحويل المحاثة والمحول الفرقي ،(ارجع إلى الفقرة ٣ - الجزء ٦ - الفصل الثاني) .

عن طريق الحركة الرأسية للمتتبع ، يتحرك المغناطيس حركة دائرية فى جزء تثبيت الياى المستوى ، ونتيجة لذلك يحدث تغير فى الفيض المغناطيسى فى الملف وتنتج قوة دافعة كهربائية نتيجة الحث الكهرومغناطيسى .

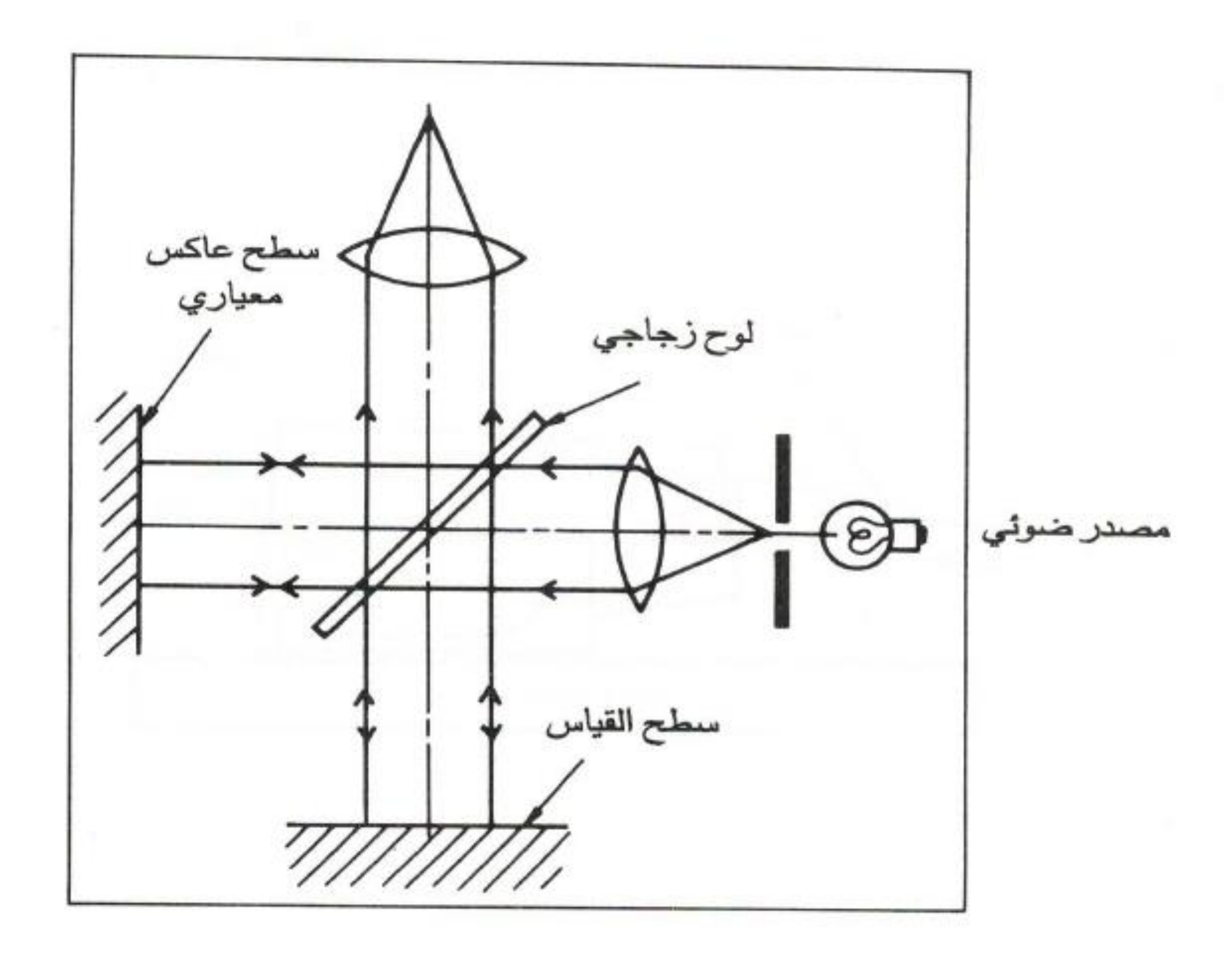


الشكل ٢-٥٣ تركيب الكاشف

[٢] مقياس خشونة السطح من نوع تداخل موجات الضوء

تستخدم طريقة تداخل موجات الضوء لقياس خشونة الأسطح الناعمة تقريبا مثل أسطح المرايا ومع هذا ، فإن مدى القياس يكون محدوداً . ويمكن لهذه الطريقة أن تقيس بدقة وبدون تلامس وبدون تشويه الأسطح المقاسة .

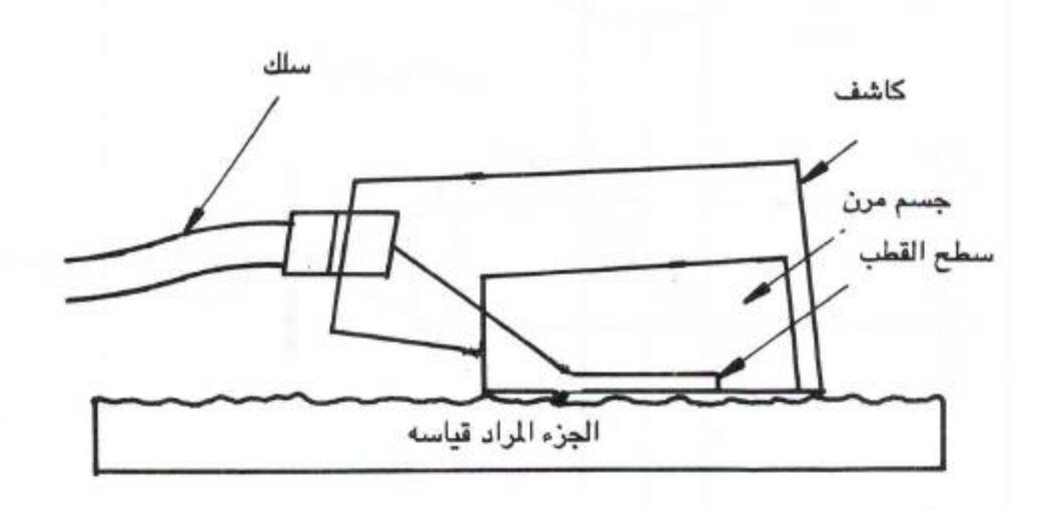
ويبين الشكل ٢-٥٤، أساسيات عملها، فيتم تكبير هُدُب التداخل الناتجة على سطح انعكاس قياسي والسطح المقاس بواسطة مجهر، وتقاس خشونة السطح بالملاحظة أو بالتصوير الفوتوغرافي .



الشكل ٢-٥٤ مبدأ تداخل الموجات الضوئية

[٣] مقاييس أخرى لخشونة السطح

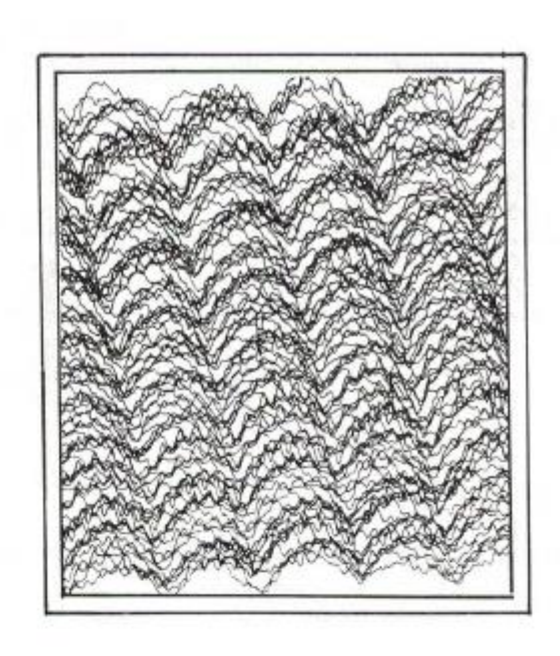
يستخدم حاليا ، مقياس خشونة سطح بسيط من النوع السعوي الكهربائى. وهو يقيس ببساطة انحراف المتوسط الحسابي للمظهر الجانبي (R_a). وكما يظهر في الشكل ٢-٥٥ ، تكشف هذه الطريقة التغيرات في السعة الكهربائية بين ألواح أقطاب الكاشف بسبب الخلوصات الصغيره الناتجة من شكل السطح المقاس .



الشكل ٢-٥٥ كاشف من نوع السعة الكهربائية

وتقيس مقاييس خشـونة السطـح ثلاثية الأبعاد خشونة السطح تماماً، بالإضـافة إلى R_Z, R_{max}, R_a فقط.

ويبين الشكل ٢-٥٦، رسماً بيانياً مكبراً ، يسجل في وقت واحد أكثر من 100 منحنى قطاعي، بإدخال سطح مفرّز طوليا على فترات ثابتة. والمنحنى القطاعي العادي هو أحدها فقط. وتفيد هذه الطريقة في معرفة اتجاه أحد أسطح التشغيل تماماً.



عينة القياس : سطح مفرز

ظروف القياس :

التكبير الطولي (Z) 2000 مرة

التكبير الجانبى (x) 20 مرة

التكبير المستعرض (Y) 20 مرة

(خطوة التسجيل 2مم)

(خطوة التتبع 100 ميكرومتر)

يبين الشكل جزء من المساحة التى يتم قياسها

(6مم × 9.5 مم)

الشكل ٢-٦٥ قياس خشونة السطح في الثلاثة أبعاد

تمريـــــــات

١ – اشرح أسباب تغيير المرجع فى الطول من المعيار الخطي إلى موجات الضوء وإلى سرعة الضوء .

٢ – اذكر أسباب استخدام قوالب القياس المعيارية فى المصانع وغرف التفتيش بكثرة .

٣ – إذا كان طول مقياس طولي نحاسي (معامل التمدد الطولي $19X10^{-6}C^{0-1}$) هو 1000 مم عند قياسه بمقياس معياري (معامل التمدد الطولي: $11.5X10^{-6}C^{0-1}$) مصنوع من صلب خاص .

فإذا كانت درجة حرارة المقياس المعياري والمقياس الطولي هي 25^{O} م و 30^{O} م ، فما هو طول المقياس الطولي عند درجة الحرارة المعيارية (20^{O} م)؟

(الإجابة : 999.868 مم)

٤ – إذا كانت درجة حرارة قالب قياس معياري طوله 100 مم موضوع فى مكان هي $15\ C^{O}$ ، قد زادت بمقدار $15\ C^{O}$ نتيجة حرارة اليد .

فما هو بُعد قالب القياس المعياري عند هذا الوقت ؟

معامل التمدد الطولى لقالب القياس المعياري هو ($11.5X10^{-6}C^{-1}$)

(الإجابة: 100.0115 مم)

٥ – اشرح استخدامات مسمار ضبط القدمة ذات الورنية وماسك الميكرومتر.

٦ – ماهى الأسباب المحتملة لأخطاء الميكرومتر ؟

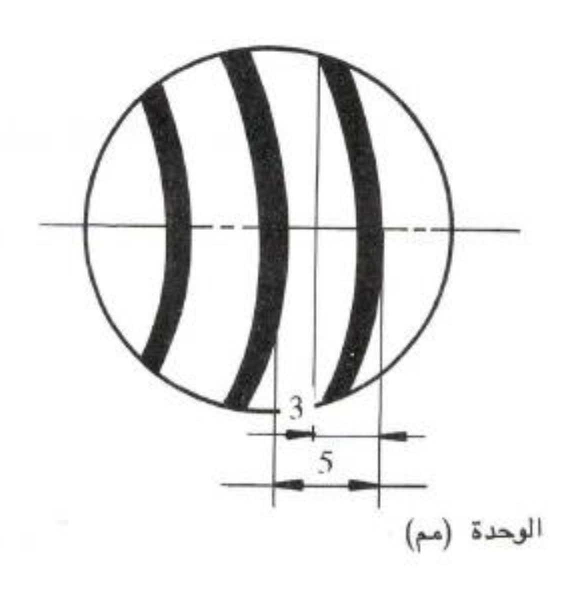
٧ – احسب مقدار الإنفعال المرن عند ضغط سطحين كرويين معاً، أقطارهما 15 , 20 مم ، في حالة ضغط قياس يساوى 1.5 كجم قوة (kgf).

(الإجابة: 1.2 ميكرومتر)

٨ – اشرح المميزات التي يحققها الذراع الضوئي .

٩ – بالنظر إلى هُدُّب التداخل في الشكل ٢–٥٧ ، وبافتراض أن المسافة المركزية لهُدُب التداخل هى 5 مم ، وأن منحنيات هُدُب التداخل هي 3مم، وأن طول موجة الضوء هو 0.6 ميكرومتر، فما هو مقدار الإستواء؟ (أنظر الشكل ٢–٢١) .

(الإجابة: 0.2 ميكرومتر)



الشكل ٢–٥٧

١٠- اذكر أمثلة لاستخدام أشعة الليزر . واشرح أسباب استخدام أشعة الليزر فى مجالات مختلفة .

١١- اذكر أمثلة لاستخدام المُشفرات النبضية والدوارة .

١٢- اشرح أسباب تفضيل الميكرومتر الهوائي فى قياس الأقطار الداخلية.

١٣- اشرح أمثلة القياسات التى يستخدم فيها مقياس الانفعال ذو سلك المقاومة .

١٤- احسب التغيرات فى قيمة المقاومة في حالة انفعال مقداره 0.005 على مقياس الانفعال مع مقاومة قيمتها 120 أوم ، بفرض أن معامل المقياس هو2.2 .

(الإجابة: 1.32 أوم)

١٥- أعد تصنيف للميكرومترات الكهربائية بناءً على تركيبها الكهربائي، واذكر أمثلة للمقاييس النموذجية .

١٦ - اذكر طرق تحويل الإزاحات التالية كهربائيا :

(١) إزاحة خطية لاتتطلب دقة .

(٢) إزاحة خطية دقيقة .

(٣) كمية الضوء .

(٤) إزاحة دائرية تتطلب دقة .

(٥) البيان الرقمى لحركة مسمار مسنن برأس كروية .

هوامـــش

١) الفرق بين القيم العظمى والصغرى فى الرسم البيانى للأخطاء لكل مدى القياس عندما يدخل العمود .

٢) دقة الذهاب لأول 1 مم (المدى الضيق) فى مدى القياس عندما يدخل العمود

٣) الفرق بين الأخطاء فى أوضاع العمود هي مسافة 0.1 مم فى المدى الضيق فى كلتا الحالتين عندما يدخل العمود أو يخرج .

٤) ارجع إلى الفقرة ٣ - الجزء ٢- الفصل الثاني .

٥) أقصى فرق فى القيم المبينة عندما يتكرر القياس فى الحالة التالية فى وضع اختيارى لمدى القياس :

(أ) اصطدام عنصر القياس بمستوى بحيث لايحدث له تشويه، بقدر الإمكان ، في حالة سرعات مختلفة .

(ب) حرك لوح مستوى متوازى متلامس مع عنصر القياس فى أى اتجاه داخل مستوى رأسي واحد على خط محور العمود .

٦) كمية انحراف الجزء المستقيم من الآلة من الخط المستقيم الحقيقى.

٧) فى تجميعه لأجزاء مستقيمة ومستوية لآلة، والتى يجب أن تكون متوازية، فإن قيمة القص تأخذ في الاعتبار الجزء المستقيم والمستوي المتعامدان على بعضهما كمرجع .

٨) عاكس مطلي بالفضة ليمرر $1/2$ الضوء الساقط .

٩) قرص مصنوع من زجاج ذي نوعية عالية أو زجاج كوارتز وله استواء جيد للغاية على أحد الجانبين أو كلاهما، (JIS B 7430 - 1977).

١٠) طريقة قياس لتحقيق كمية تم تعريفها واستعمالها .

١١) كلمة «ليزر» تعنى تكبير الضوء بالانبعاث المحفز للإشعاع . فى سنة ١٩٦٠، نجح ميمان Meimann من الولايات المتحدة فى الحصول على شعاع ليزر باستخدام الياقوت لأول مرة .

١٢) ارجع إلى الفقرة ٥ - الجزء ٦ - الفصل الثاني .

١٣) يستخدم ليزر أشباه الموصلات أساساً .

١٤) يستخدم الليزر الغازي (He .Ne) أساساً .

١٥) يستخدم ليزر ثاني أكسيد الكربون ، (يوتريوم - ألومنيوم - جارنيت)، وأنواع أخرى .

١٦) يستخدم ليزر ثاني أكسيد الكربون ، آرجون وأنواع أخرى .

١٧) يستخدم ليزر بخار النحاس ، والخِضْب وأنواع أخرى .

١٨) ترسم خطوط رفيعة جداً ومتوازية على فترات متساوية .

الفصل الثالث

استخدام أجهزة قياس الكتلة والقوة

INSTRUMENTATION OF MASS AND FORCE

٣-١ استخدام أجهزة قياس الكتلة

الوحدة الأساسية للكتلة هى الكيلوجرام (رمز الوحدة :كجم) وفي البداية، فقد تم الحصول على الكيلوجرام النموذجي(١) الدولي الأول لتحديد 1 كجم على أنه كتلة 1000سم٣ من الماء عند ضغط جوي واحد ودرجة حرارة أقصى كثافة . ومنذ ذلك الوقت ، تم تعريف الكيلوجرام النموذجي الدولي كمرجع للكتلة حالياً. ومن الناحية العملية، تستخدم الأوزان ذات الدقة المضمونة عن طريق الاختبارات التي تتبع قانون القياسات ، كمرجع .

تقاس كتلة الأشياء بموازنتها بالأوزان ذات الكتل المعروفة ، باعتبار أن الجاذبية (أوزان) تؤثر على الأشياء التى يراد وزنها. ولذلك ، لايمكن قياس الكتلة مباشرة .

ويعبر عن الأوزان بمقدار الجاذبية التى تؤثر على الشيء . والكتله دائماً ثابتة . غير أنه ، توجد حالة جاذبية دقيقة فى مركبة الفضاء في الفضاء ، ولايكون الوزن ثابتا حيث يتم الوزن .

ويستخدم الكيلوجرام بكثرة (رمز الوحدة:كجم قوة kgf)كوحدة للوزن. وهذا هو مقدار القوة التى تعطي عجلة مقدارها 9.80665 م/ث٢، عندما تؤثر قوة على جسم كتلته 1 كجم . ولذلك ، فإن الوزن – عندما يقاس نفس الجسم فى مكان تكون عجلة الجاذبية فيه هى g ،والتي تختلف عن القيمة المعيارية – سيكون $\frac{g}{9.80665}$ مرة مثل الكتلة.

تمرين ١

عجلة الجاذبية فى طوكيـو وقاعـدة شـوا تسـاوى 9.797631 م/ث٢ و 9.825256 م/ث٢ بالترتيب .

فماهو الفرق فى وزن جسم كتلته 5 كجم ؟

(الإجابة : الوزن فى قاعدة شوا أثقل بمقدار 0.0141 كجم)

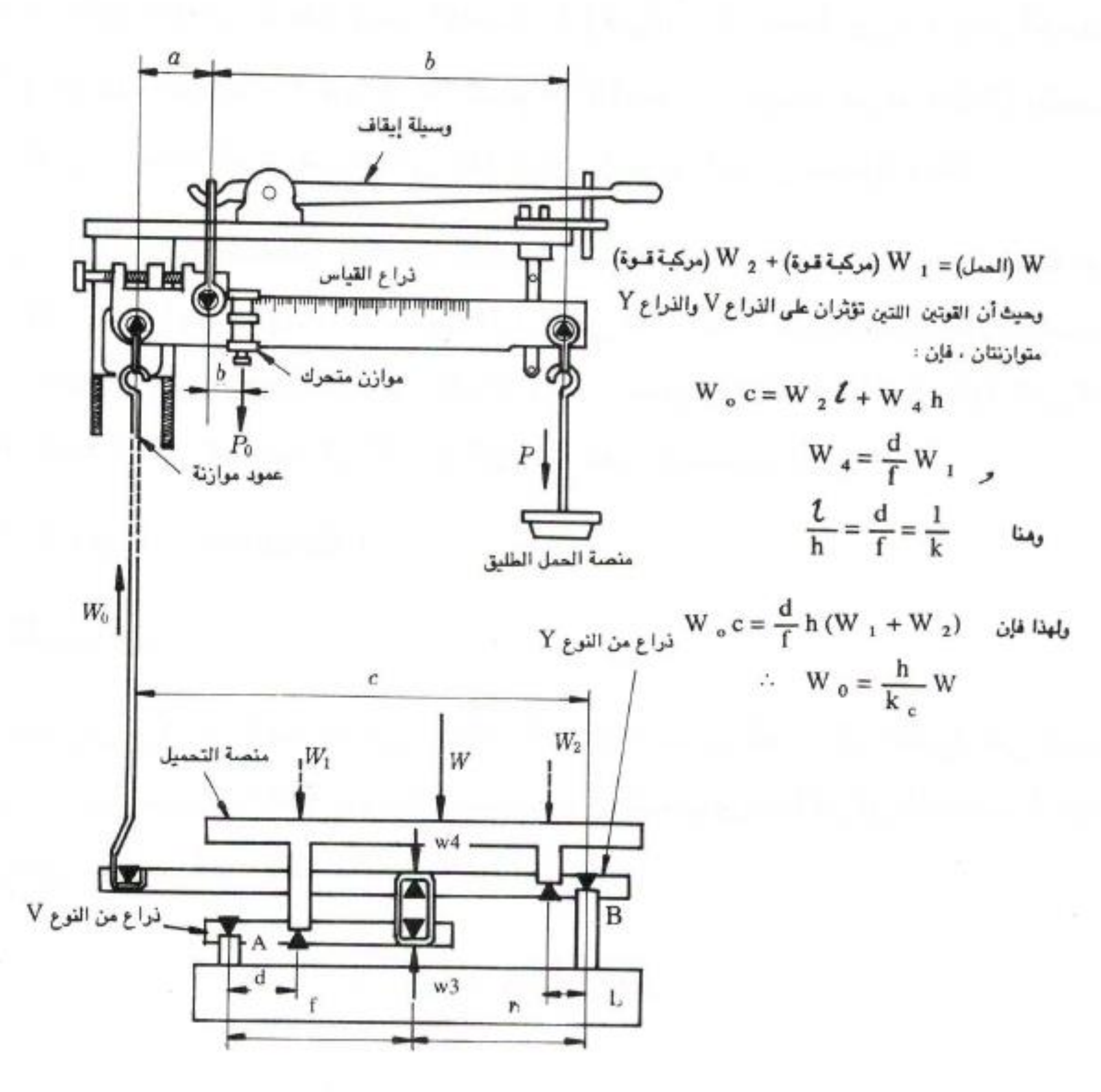
٣-١-١ الميزان ذو المنصة (الطبلية) Platform Scale

يزن هذا الميزان الكتل باستخدام الآلية المبينة فى الشكل ٣-١ .

ويفرض أن المسافات بين نقط الارتكاز للأذرع Y,V فى الشكل هى :

$$\frac{\ell}{h} = \frac{d}{f} = \frac{l}{k} = \text{(ثابت)}$$

وعليه،تنتقل جميع الأحمال بدقة إلى العمود الموازن بصرف النظر عن مكان وضع الحمل ، ويمكن كشف الكتلة بواسطة عمود الميزان .



وعليه فإن W_0 لا تتأثر مباشرة بالقوتين W_1 ، W_2 ولذلك يمكن وضع الحمل على منصة التحميل فى أى مكان ويكون توازن ذراع القياس كما يلى :

$$W_0 a = Pb + P_0 b'$$

الشكل ٣-١ ميزان بمنصة (طبلية)

ويمكن أن يزن الميزان ذو المنصة كتلاً كبيرة نسبياً. والموازين اليدوية من هذا النوع غالبا ما تكون أقل من 2 طن (رمز الوحدة : t [طن]) – أو ميجا جرام (رمز الوحدة : Mg) بالوحدة الدولية ، 1طن = 10^3 كجم = 10^6جم = 1 ميجا جرام (Mg) بالنسبة لسعة الوزن . وسعة الوزن هي أقصى كتلة يمكن أن يزنها الميزان بسهولة ودقة.

وتشمل موازين المنصات الكبيرة موازين الشاحنات ، وهي تستطيع وزن شحنة عربة شحن أثناء تحميلها عليها. وأساسيات الوزن في هذه الحالة هى نفسها مثل أساسيات الميزان بمنصة. وتبين بعض الموازين الأوزان رقميا بتحويل الانفعالات الميكانيكية التى تنتج عن كل نقطة ارتكاز للمنصة إلى كميات كهربائية حيث لاتستخدم أذرع .

٣-١-٢ الميزان Balance

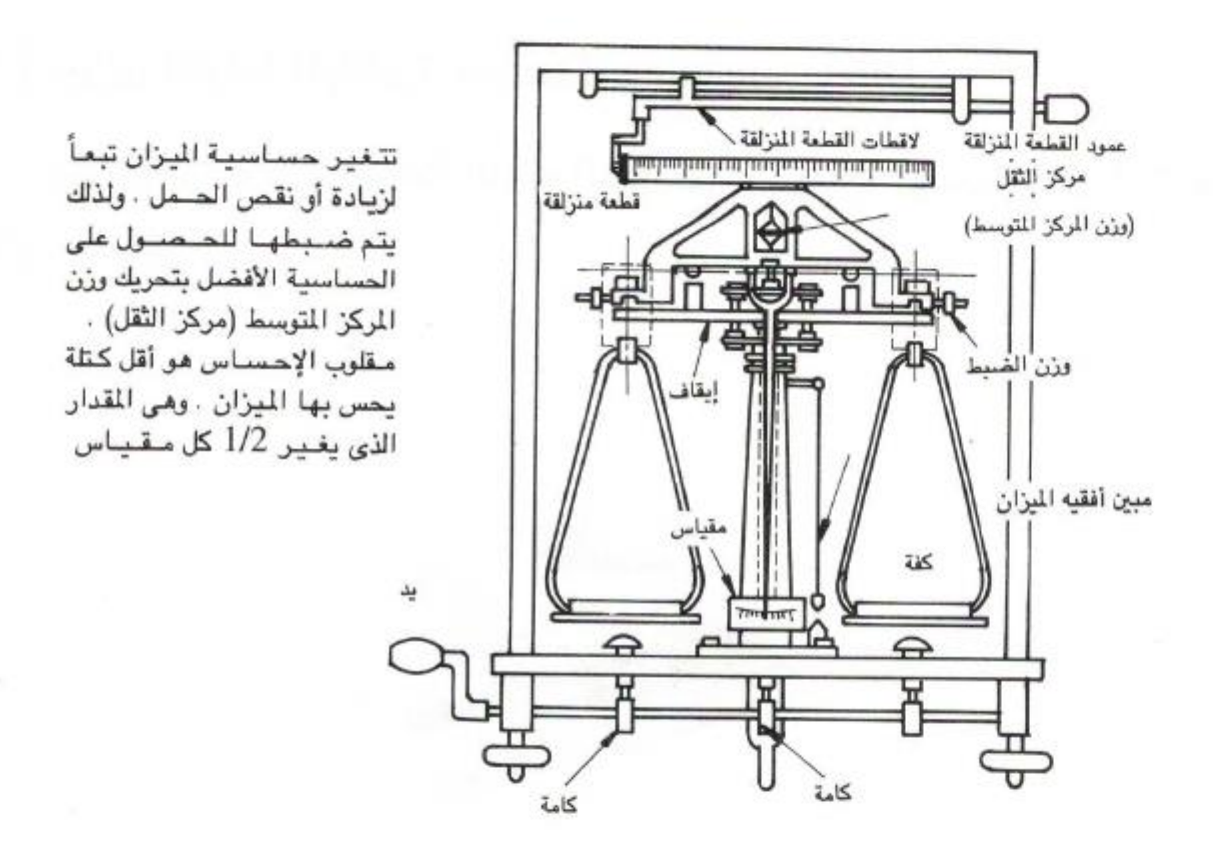
[١] الميــزان

للمـيزان تركـيبــة مـبينة فى الشكل ٣-٢. وتتسـاوى أطـــوال الأذرع على اليـمين واليســار. ويتـــم وزن الكتلة بموازنة الجـســـم المطلـوب وزنه والأوزان المعلومـــة. وهذا النـوع من الموازين هـو الأكثر دقــــة بين المقاييــس

$$.(10^{-8} \sim 5\times10^{-4})$$

وعند طلب درجة دقة فى الوزن ، تستخدم طريقة سعة الوزن المضاعفة للتخلص من الأخطاء الناتجة من الفرق فى الأطوال لذراعيْ الميزان .

تتغير حساسية الميزان تبعاً لزيادة أو نقص الحمل . ولذلك يتم ضبطها للحصول على الحساسية الأفضل بتحريك وزن المركز المتوسط (مركز الثقل) .
مقلوب الإحساس هو أقل كتلة يحس بها الميزان . وهى المقدار الذى يغير 1/2 كل مقياس



الشكل ٣-٢ الميزان

طريقة سعة الوزن المضاعف : Double Weighing Capacity Method

يوزن الجسم المطلوب وزنه والأوزان مرتين، وذلك بوضعهم بالتناوب على الكفات اليمين واليسار .

وبفرض أن قراءات الوزن عندما يوضع الجسم على الكفة اليسرى وعندما يوضع على الكفة اليمنى هي M_2, M_1 للجسم المطلوب وزنه ، يمكن حساب كتلة الجزء المراد قياسه بالمعادلة التالية :

$$M = \sqrt{M_1 . M_2} \cong \frac{M_1 + M_2}{2} \qquad (3-1)$$

[٢] ميزان القراءة المباشرة Direct - reading Balance

يمكن لهذا الميزان قراءة كتلة الجسم المطلوب وزنه مباشرة . ويبين الشكل ٣-٣، مثالاً لميزان الكتروني .



الشكل ٣-٣ ميزان القراءة المباشرة (الميزان الالكتروني)

والآلية المستخدمة فى الميزان الالكتروني هى أنه يتم الكشف عن الكتلة كمقدار انحراف جسم مرن بدقة عالية بواسطة خلية حمل (ارجع إلى الفقرة ٣ - الجزء ٢ - الفصل الثالث) . ويتحول مقدار الانحراف إلى مقاومة كهربائية يتم بيانها رقميا بعد تكبيرها .

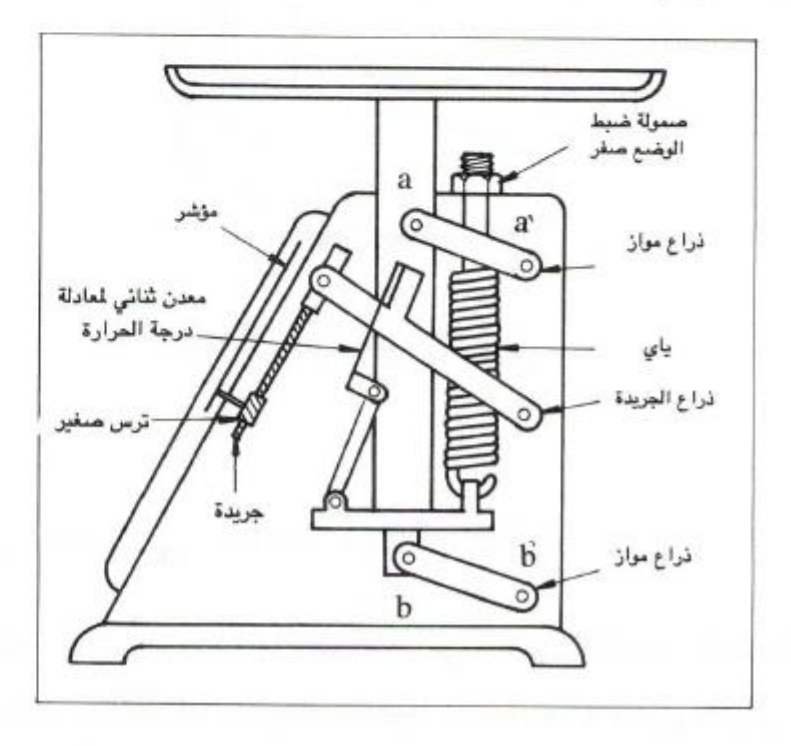
ويمكن تغيير سعة الوزن وحد القراءة بسهولة .وله برنامج أوتوماتيكي لإجراء عملية المعايرة ، وبذلك يمكن إجراء المعايرة أتوماتيكيا بمجرد وضع وزن مرجعى قبل العمل. ويمكن إضافة معالجات بيانات وطابعة للقيام بالوزن بكفاءة .

٣-١-٣ الميزان ذو المؤشر Indicating Scale

الميزان الذى يبين الكتلة أتوماتيكياًعن طريق لوحة الميزان ومؤشر يسمى «الميزان ذو المؤشر» . ويوجد عدة أنواع لآلية كشف الكتلة مثل استخدم إزاحة الياى ، وزاوية ميل البندول ودوران الكامة .

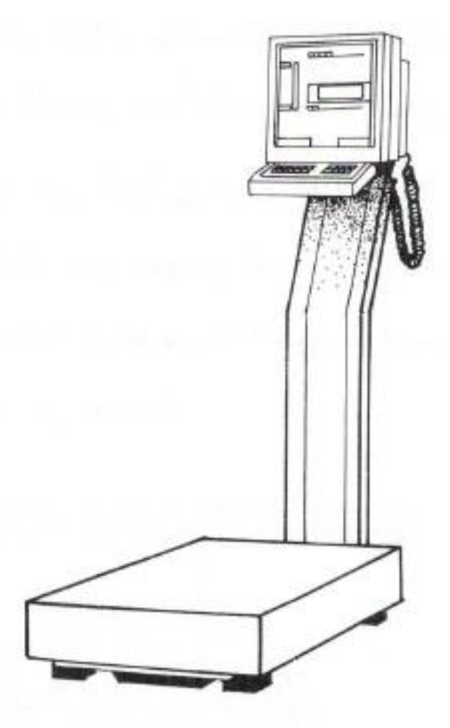
والميزان الزنبركي ذو الكفة المتزنة هو الميزان ، الذى يعتمد على التغير المرن للياي . وكما فى الشكل٣-٤ ، يتمدد الياى بواسطة الحمل الموضوع على الكفة المتزنة ، وتدور العجلة المسننة بواسطة رافعة الحامل تبعاً لمقدار تمدد الياي فتحرك المؤشر .

وتستخدم آلية ذراع إدارة على التوازى aa´ و bb´ بحيث تبقي كفة الميزان أفقية لتسمح بقياسات دقيقة، بصرف النظر عن موضع الجسم المطلوب وزنه، والموضوع على الكفة .ويتناقص معامل مرونة الياي كلما ترتفع درجة الحرارة، ويتم التعويض عن هذا أوتوماتيكيا عن طريق معادن ثنائية (معادن من نوعين) .



الشكل ٣-٤ ميزان زنبركي بكفة متزنة

وبالإضافة إلى درجة الحرارة ، تنتج الأخطاء فى الميزان الزنبركي نتيجة التخلفات في مرونة الياى أو الاختلافات في مواقع الوزن (عجلة الجاذبية). ولذلك ، تكون الدقة في الميزان الزنبــــركي غـــــير عاليـــة (4×10^{-2})، غير أنه يستخدم بكثرة، حيث أنه منخفض التكاليف ويمكن تداوله بسهولة وحاليا ،ينتشر استخدام الموازين الرقمية الزنبركية، والتي تستخدم محول فرقي أو خلية حمل فى كاشف الحمل وذلك للقيام بالعمليات الحسابية، (انظر الشكل ٣-٥) .



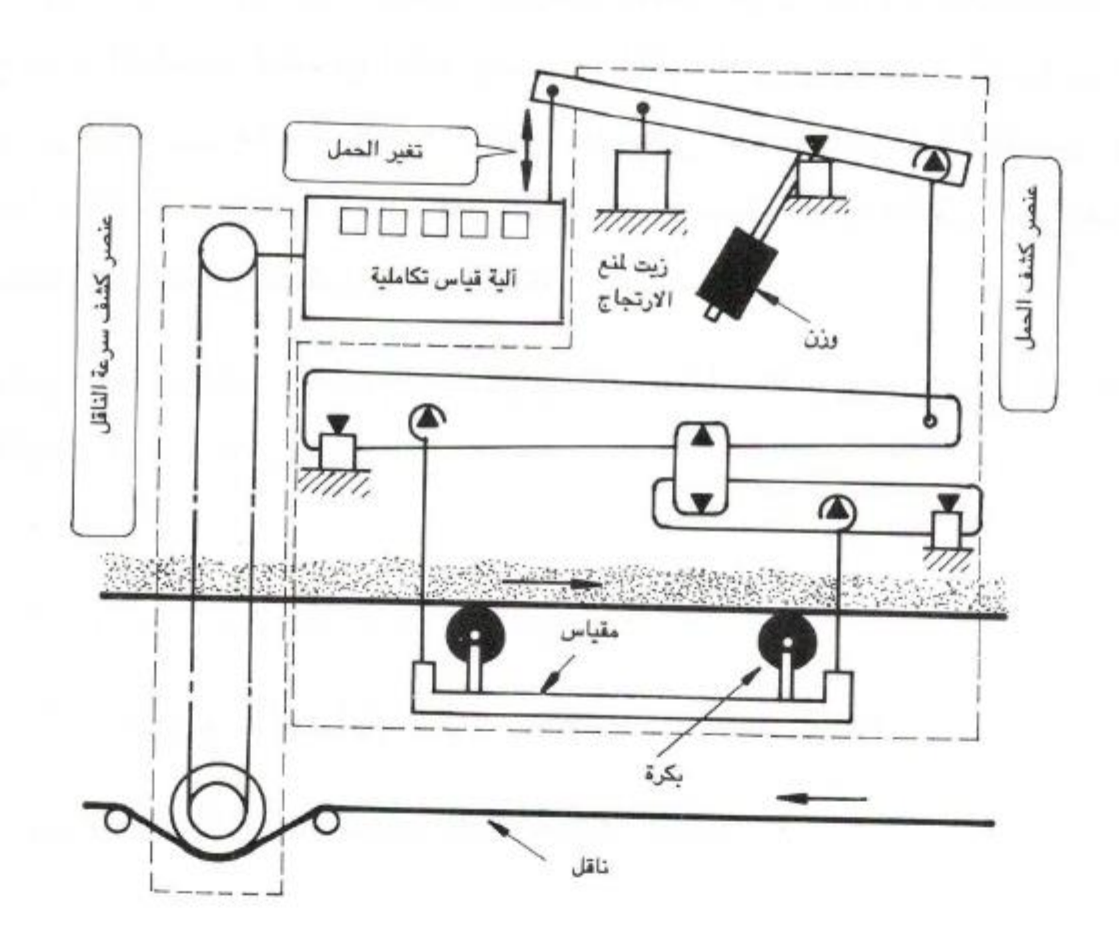
الشكل ٣-٥ ميزان رقمي

٣-١- ٤ الميزان الصناعى Industrial Scale

الموازين الصناعية تزن أحمالاً، بالإضافة إلى فصل الأشياء أوتوماتيكيا وبكفاءة للتسجيل والتكامل . وأكثر من هذا ، فهى تدمج مع آلات التعبئة الأوتوماتيكية والبيانات .

[١] ميزان الناقل Conveyor Scale

كما يرى في الشكل ٣-٦، يُستقبل الحمل الموضوع على الناقل الخاص بالميزان بواسطة بكرات ، ويقيس الميزان تغيرات الحمل بواسطة آلية موازنة باستخدام ذراع. ويتم اكتشاف سرعة الناقل بشكل منفصل. وتحسب الأوزان بعمل تكامل مستمر لها باستعمال آلية تكامل أوتوماتيكية.



الشكل ٣-٦ ميزان الناقل

هذا، وبعض الموازين ذات الناقل ، المستخدمة فى الخلط المستمر للمواد الخام وفى أغراض أخرى ، تسمى نظام التحكم الكمي - وهي تقوم بالتغذية باستمرار بكمية ثابتة، وذلك بالتحكم فى سرعة الناقل وفتح بوابة مخزن المواد الخام .

[٢] الميزان القادوسي Hopper Scale

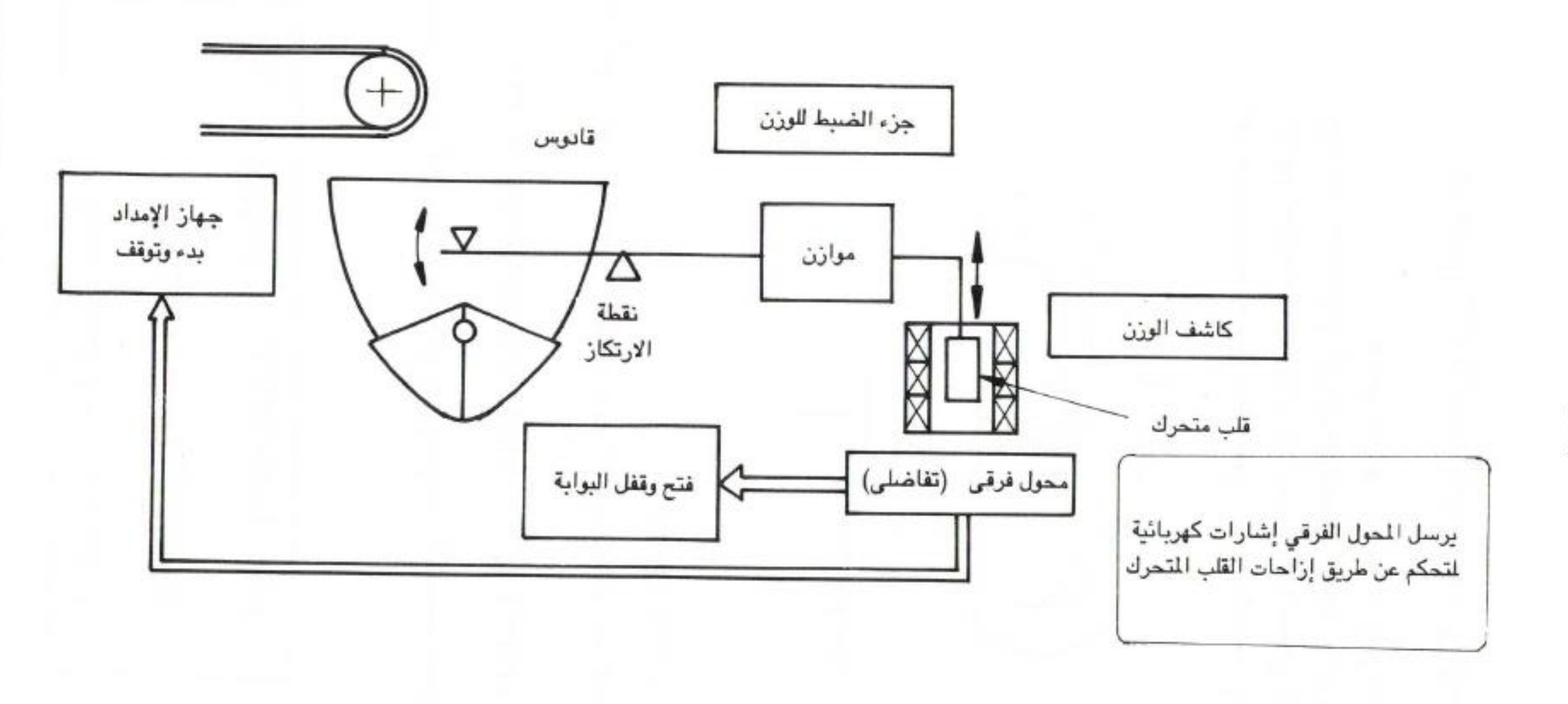
كما هو مبين فى الشكل ٣-٧ ، يتم الوزن باستخدام الميزان القادوسي بوضع كتل من مسحوق حبيبي أو مواد سائلة فى وعاء . ويتزن الميزان عندما يصل وزن المادة التي يتم وزنها إلى الكميــة التى سبق ضبطها . فيرسل كاشف الوزن إشارة لإيقاف معدات الإمداد وفتح بوابة القادوس لتفريغ المادة. وهذه هى الآلية التي تستخدم بكثرة فى الميزان القادوسي. وعند وزن ماده لاصقة ، تلتصق المادة على الحوائط الداخلية للقادوس، ولايمكن تفريغها بالكامل . وفى هذه الحالة تقفل البوابة عندما تصل الكمية المتبقية إلى المقدار الذي تم ضبطه ليتم التفريغ باستمرار بكمية ثابتة.

وفى صناعات المواد الغذائية والكيميائية والصناعات الأخرى ،يدمج الميزان القادوسي مع ماكينات التعبئه الأوتوماتيكية .

٣ - ٢ استخدام أجهزة قياس القوة

٣-٢-١ مرجع (إسناد) القوة Reference of Force

تكون لوحدات قياس مستويات القوة العلاقات التالية:



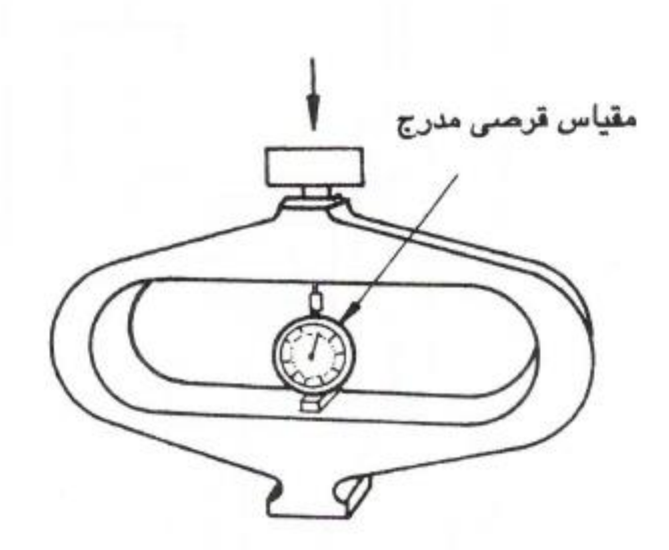
الشكل ٣-٧ الميـزان القادوسي

1N(نيوتن) = 1 كجم . م/ث٢
1dyne(داين) = 10^{-5} نيوتن
1kgf (كيلوجرام قوة) = 9.80665 نيوتن

وبشكل عام ، تستخدم مصانع المعدات الآلية الوحدة kgf (كيلو جرام . قوة).

٣- ٢- ٢ صندوق المعايرة المرن Elastic Standardizing Box

يصنع هذا الصندوق من جسم دائري أو مستطيل ،كما هو مبين في الشكل ٣-٨. ويمكن تداوله بسهولة وله درجة دقة عالية .

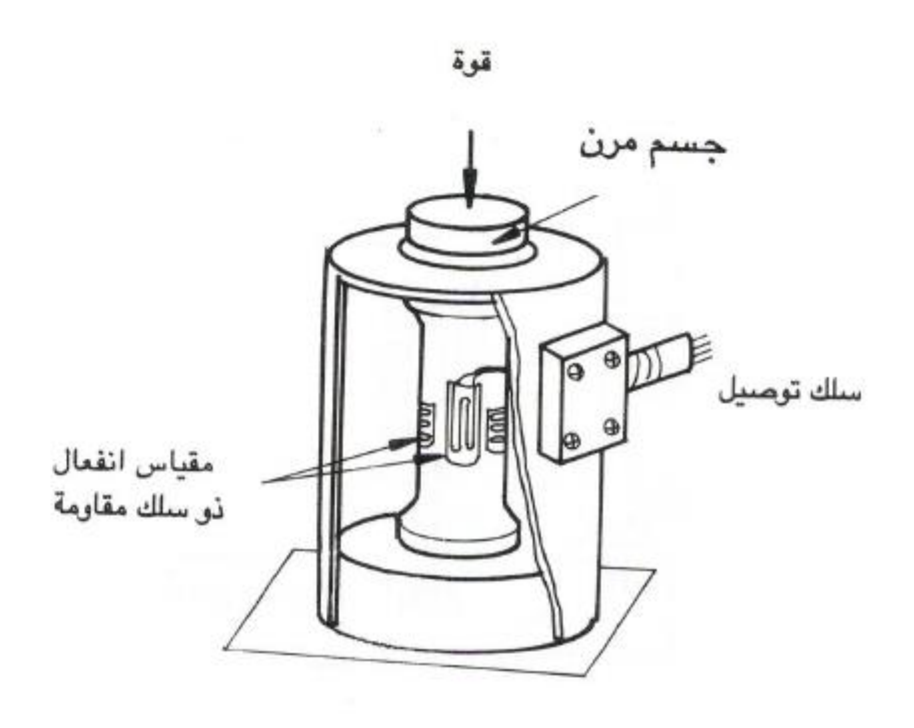


في البداية ، يتم تحميل هذا الصندوق بقوة قياسية ونحصل على علاقات بين الجسم المرن والحمل عن طريق انحراف مؤشر المقياس القرصي المدرج . وتجهز البيانات للمعايرة في شكل جدول وبهذا يمكن معرفة مقدار القوة من المقياس القرصي المدرج .

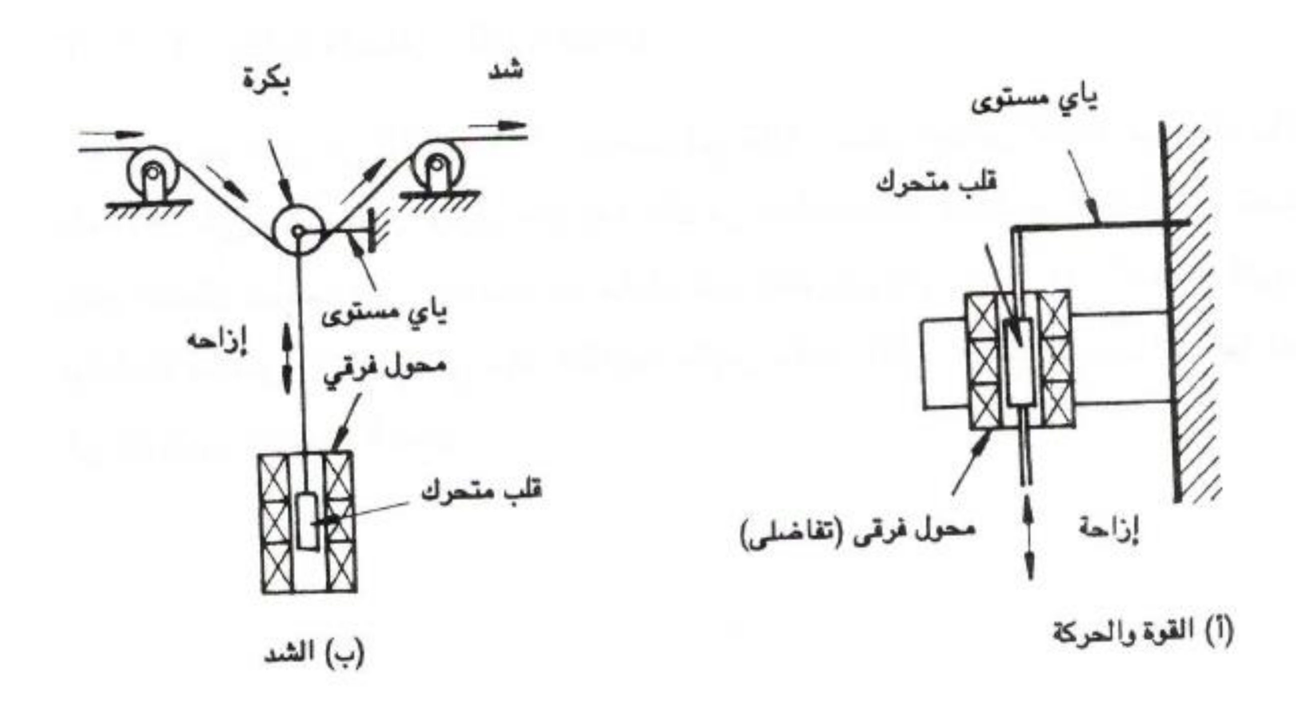
الشكل ٣ – ٨ صندوق معايرة مرن للانحراف

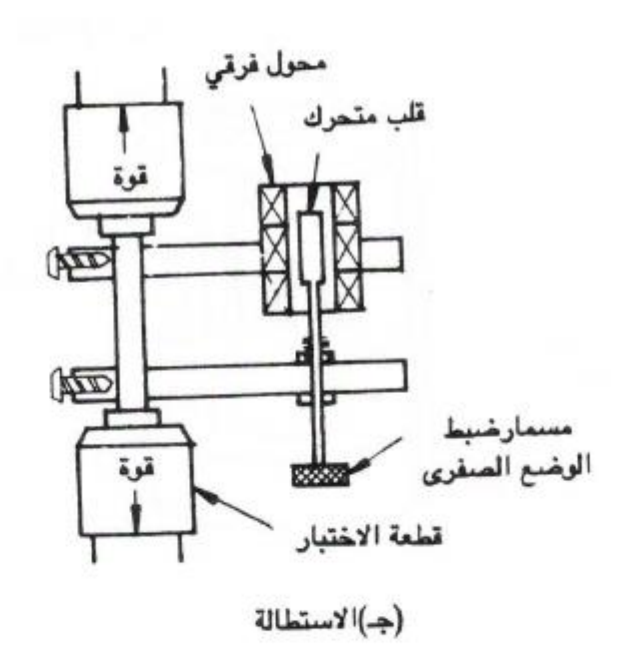
٣-٢-٣ خلية الحمل Load Cell

كما هو مبين في الشكل ٣-٩ ، يوضع فى خلية الحمل مقياس انفعال ذو سلك مقاومة ملتصقا على جسم مرن. ويوضعان بعد ذلك في وعاء محكم. وبتطبيق قوة شد أو ضغط ، ينتج انفعال للجسم المرن يتناسب مع مقدار هذه القوة.ثم يتم تحويل هذا الانفعال كهربائيا بواسطة مقياس الانفعال ذي سلك المقاومة ليقيس مقدار القوة. ويكثر استخدام خلية الحمل في الموازين ككاشف للحمل .



الشكل ٣-٩ خلية الحمل





الشكل ٣-١٠ أمثلة للقياسات عن طريق محول فرقى (تفاضلى)

وتستخدم خلايا الحمل بكثرة أيضًا فى مقاييس العزم وككاشفات الاهتزار ، والعجلة ، والضغط لقياس القدرة المحركة المنقولة ، عن طريق تثبيت مقياس انفعال على العمود الدوار وقياس التواء العمود .

وبالإضافة إلى ماسبق ، ويعمل آلية لنقل الإزاحة الدقيقة إلى قلب محول فرقي(تفاضلي)، كما فى الشكل ٣-١٠ ، يمكن استخدام خلية الحمل فى مجالات مختلفة مثل قياس القوى ، والحركة ، والشد ، والاستطالة .

الحمد لله تعالى الذي تتم بنعمه الصالحات
لقد وفقت بتصوير النسخة اسكنر بصورة جديده
وطباعة ممتازة
نسألكم الدعاء بظهر الغيب لي ولوالدي
اخوكم في الله ابو عبدالله عبد المهيمن فوزي

تمرينات

١ – إذا كـان طول ذراع مـيـزان هو 100.05 مم ،بينمـا طول الذراع الآخـر هو 99.98 مم . وكانت القراءة هي 52.453 جم عند القيام بالقياس بوضع وزن على الذراع الأطول .احسب الكتلة الصحيحة لهذا الجسم؟

(الإجابة: 52.489 جم)

٢ – اشرح سبب عدم تصنيع موازين زنبركية بدقة أعلى من1/800 .

٣ – اشرح وظيفة المعدن الثنائى المستخدم فى الموازين الزنبركية .

٤ – قارن بين خصائص موازين الناقل والقادوسية .

٥ – اذكر أنواع المعدات التى تعتمد علي خلية الحمل .

هوامــش

١) الكيلو جرام النموذجي الأول الدولي الذي وضـع فى ١٨٨٩ عبارة عن عمود دائرى طول قطره، وكذلك ارتفاعه ، حوالى 39 مم ، وهومصنوع من سبيكة مكونة من 90% ذهب أبيض و 10% ايريديوم . وتبين القياسات المضبوطة أن الحجم المكعب لـ 1 كجم مـاء هو $1.000028\ dm^3$ (في حالة ضغط جوي قياسي ، ودرجة حرارة 4^o م ، والماء لايحتوي هواء).

الفصل الرابع

استخدام أجهزة قياس الزمن وسرعة الدوران
INSTRUMENTATION OF TIME AND SPEED OF REVOLUTION

٤ – ١ استخدام أجهزة قياس الزمن

كان تحديد الزمن فى الماضـــي يتم على أساس دوران الأرض كمــرجع يسند إليه. غير أنه حاليا ، تم تعريف الثانية الواحدة على أن تســاوي 9192631770 زمن الموجة الكهرومغنطيسية التي تمتص أو تبعث بواسطة ذرة سيزيوم (^{133}Cs) تحت ظروف ثابتة . (رمز الوحدة : s)[١].

٤-١-١ جهاز قياس الوقت (الساعة) Clock

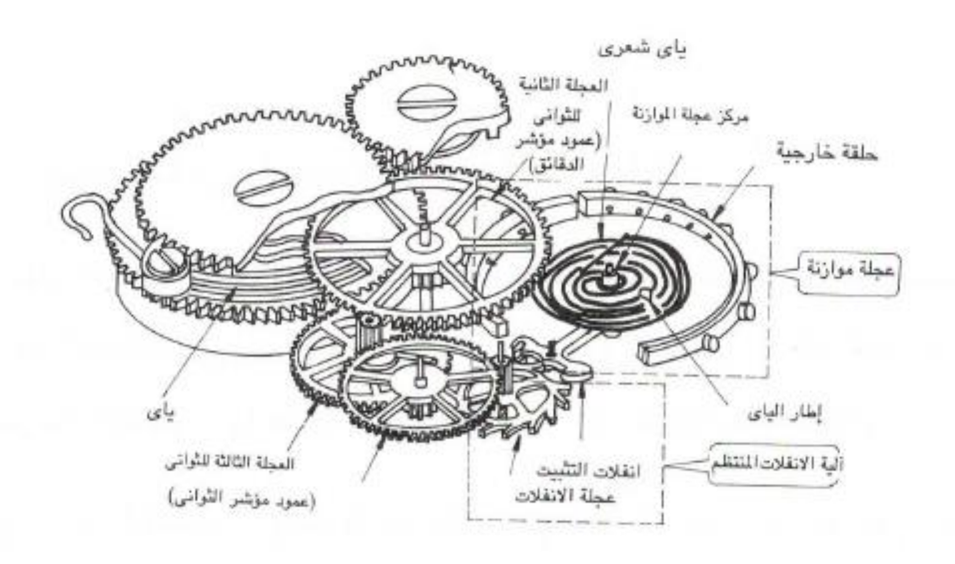
يعمل جهاز قياس الوقت (الساعة) عملية تكامل لعدد الذبذبات ليبين الساعة والزمن ، على أساس فترات ذات ذبذبات ثابتة . ويسمى الجسم المتذبذب منظم السرعة . ومن أنواع منظمات السرعة، البندول ، والعجلة المتزنة والشوكة الرنانة ومذبذب الكوارتز .

وتسمى أجهزة قياس الوقت (الساعة) التي تصنف على أساس نوع منظم السرعة بالبندول والعجلة المتزنة والشوكة الرنانة والكوارتز وغيرها .

[١] أجهزة قياس الزمن (الساعة) بالبندول وعجلة الموازنة

Pendulum and Balance Wheel Clocks

تكون فترة التذبذب ثابتة للبندول، إذا كانت عجلة الجاذبية والمسافة من نقطة الارتكاز إلى مركز الثقل للوزن المعلق فى البندول ثابتين(٢). ويعتمد جهاز قياس الزمن البندولي على هذا التساوي في الزمن. وبعض أجهزة قياس الزمن المكتبية الصغيرة مثل ساعات المكتب تكون من نوع ساعات عجلة الموازنة وتستخدم عجلة موازنة ذات ياي لتوليد قوة استعادة ،كمنظم سرعة. غير أن الذبذبات الناتجة من البندول أو عجلة الموازنة تضمحل (تخمد) تدريجياً ،ولذا تضاف ترتيبة لشاكوش للساعة ، يعطي قوة للتذبذب من الخارج ،كما ينقل ذبذبات منظم السرعة بدقة (انظر الشكل ٤–١) .



الشكل ٤–١ آلية ساعة عجلة الموازنة

[٢] ساعات الكوارتز Quartz Clocks

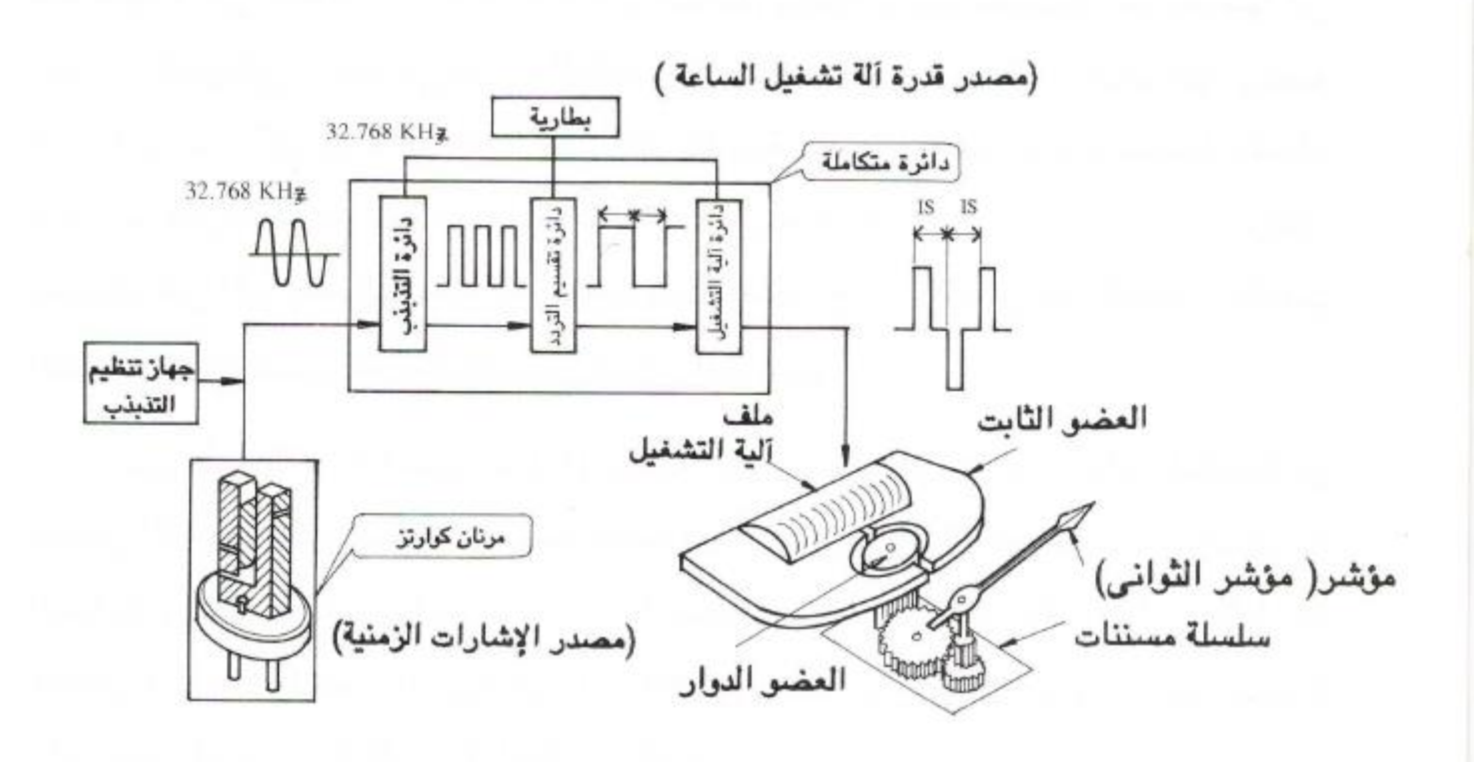
تعتمد ساعة الكوارتز على مذبذب كوارتز كمنظم سرعة ، وتبين الزمن والساعة باستخدام إشارات كهربائية ذات تردد ثابت ، يتم الحصول عليه من مذبذب الكوارتز كمصدر إشارة زمنية .

* مذبذب الكوارتز Quartz Oscillator

لشريحة الكوارتز الصغيرة المقطوعة فى اتجاه معين، خاصية توليد شحنة كهربائية على سطحها عندما يتشوه شكلها، وبالعكس يتم تشويهها عند وضعها فى مجال كهربائى . تسمى هذه الظاهرة بالتأثيرات الكهربائية الإجهادية. وبضم هذه الشريحة الكوارتزية مع دائرة الكترونية مناسبة، والتأثير عليها بذبذبة طبيعية ، تتولد شحنات كهربائية موجبة وسالبة بالتبادل على سطحها، وهي تناظر التذبذبات، وبذلك نحصل على إشارات كهربائية ذات تردد ثابت باستمرار . ويسمى هذا الجهاز مذبذب الكوارتز ، كما تسمى شريحة الكوارتز المرنان الكوارتزى .

ويبين الشكل ٤-٢ أسس عمل الساعة الكوارتز التناظرية . والذبذبات الناتجة من مرنان الكوارتز تكون مستقرة ضد الاهتزازات الخارجية والصدمات وتغيرات درجة الحرارة. ويمكن أن تبين ساعات الكوارتز الوقت والساعة بدرجة دقة عالية جدا. وحاليا ،مع تصغير البطارية والتقدم الملحوظ فى تقنية الالكترونيات ، تباع في الأسواق ساعات صغيرة ذات خطأ أقل من 0.1 إلى 0.5 ثانية فى اليوم .

ترسل الإشارة الكهربائية ذات عشرات الآلاف هرتز (ويتم الحصول عليها من دائرة تذبذب الكوارتز) إلى ملف آلية التشغيل كل ثانية خلال دائرة تقسيم التردد ودائرة آلية التشغيل. عندما يمر تيار في دائرة آلية التشغيل يتمغنط العضو الثابت ، ثم يدور العضو الدوار . وتتحول الإشارة الكهربائية (ويتم الحصول عليها من دائرة تذبذب الكوارتز) إلى اشارة ميكانيكية وتنتقل إلى مؤشر الثوانى ومؤشر الدقائق ومؤشر الساعات عن طريق حركة سلسلة مسننات ، ويتم بيان الوقت بالضبط على واجهة الساعة .



الشكل ٤ – ٢ مبدأ عمل ساعة الكوارتز

٤-١-٢ المبين ذو البلّورات السائلة Liquid Crystal Display

تستخدم أنابيب المبين الفلورسنت ، والثنائيات المشعة للضوء ومبينات البلّورات السائلة في البيان الرقمي للقيم المقاسة، بشكل عام .ولمبينات البلّورات السائلة استهلاك قدرة كهربائية صغير جدا على وجه الخصوص. وتستخدم كمبينات في أجهزة القياس التى تستخدم البطاريات كمصدر قدرة كهربائية .

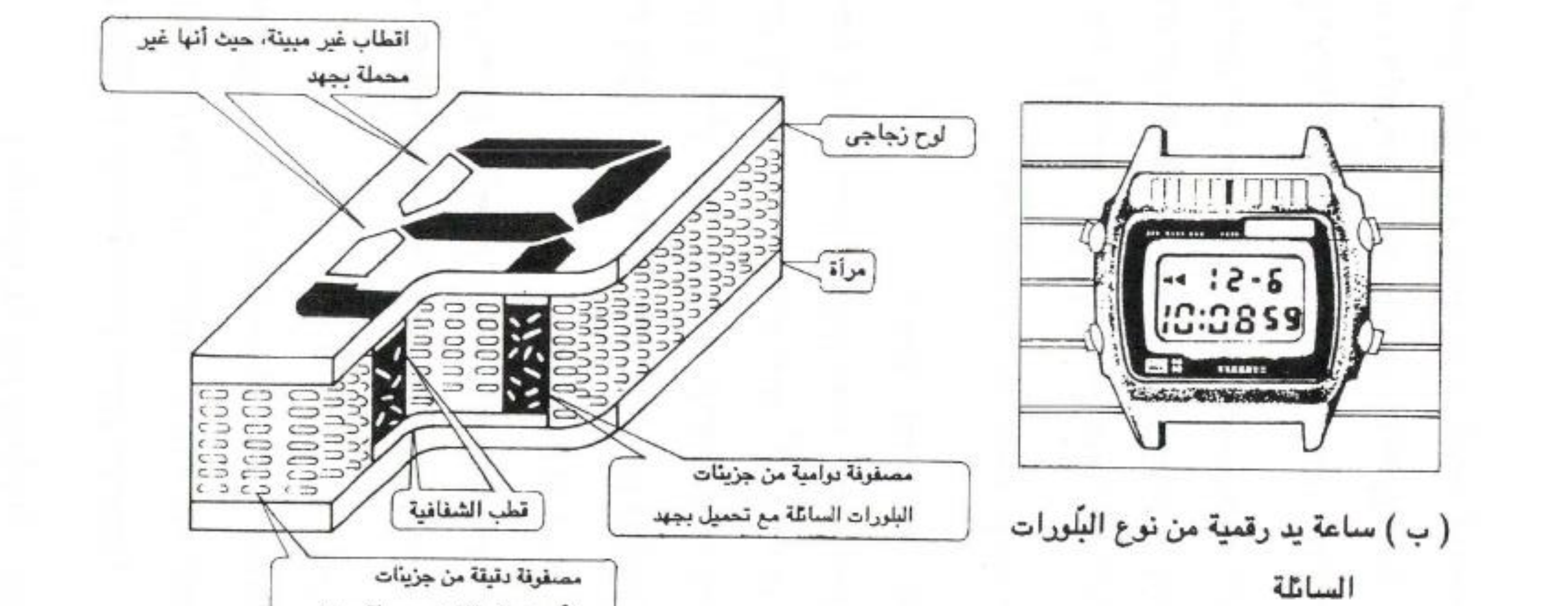
والبلّورة السائلة عبارة عن مادة عضوية لها سيولة ظاهرية تماثل السوائل، غير أن الترتيبة الجزيئية لها لم تنهار تماماً. وعند استخدام جهد، يحدث اضطراب للترتيبة الجزيئية لها وتتغير حالة انتقال الضوء . غير أنه لا يمر تيار تقريبا .

أما أجزاء المبين ذي البلّورات السائلة(٣) التى لم يستخدم معها جهد ، كما هو مبين في الشكل ٤-٣ (أ) ، فتبدو ساطعة حيث ينتقل الضوء خلال طبقة البلّورات السائلة، وينعكس بواسطة مرآة. وأما الأجزاء التي يطبق عليها جهد ، فيحدث اضطراب لجزيئاتها ولا يمكن معها أن ينتقل الضوء خلال طبقة البلّورات السائلة ، بل يتفرق فى منتصف الطريق، بحيث تظهر هذه الأجزاء سوداء مثل الأقطاب.

والبلّورات السائلة عبارة عن عنصر كشف ضوئي وهي لا تشع ضوءاً .

وطبقة البلّورات السائلة يمكن أن تكون ذات سمك 0.01 مم تقريباً، وبذا يمكن الحصول على مبينات **رقيقة** ويتم تحريك البلّورات السائلة بجهد صغير، ويمكن توصيلها بسهولة مع دوائر أشباه الموصلات ، وهي تستهلك مقداراً صغيراً جداً فقط من القدرة.

وتستخدم البلّورات السائلة فى مبينات الساعات والحاسبات الالكترونية وأجهزة القياس المحمولة ومعدات أخرى. وتغير بعض البلّورات السائلة ألوانها تبعاً لدرجة الحرارة أو عند تطبيق جهد عليها، وهي تستخدم فى قياس درجة الحرارة أو عرض الصورة في أجهزة التليفزيون الرفيعة .



(أ) المبين ذو البلورات السائلة

(ب) ساعة يد رقمية من نوع البلّورات السائلة

كما فى الشكل (أ) ، يتم عرض الرقم 3 على المبين ذى البلّورات السائلة ، حيث يتم تحميل جهد على خمسة من سبعة قطاعات من أقطاب المبين .

الشكل ٤ – ٣ المبين ذو البلورات السائلة

٤ – ٢ استخدام أجهزة قياس سرعة الدوران

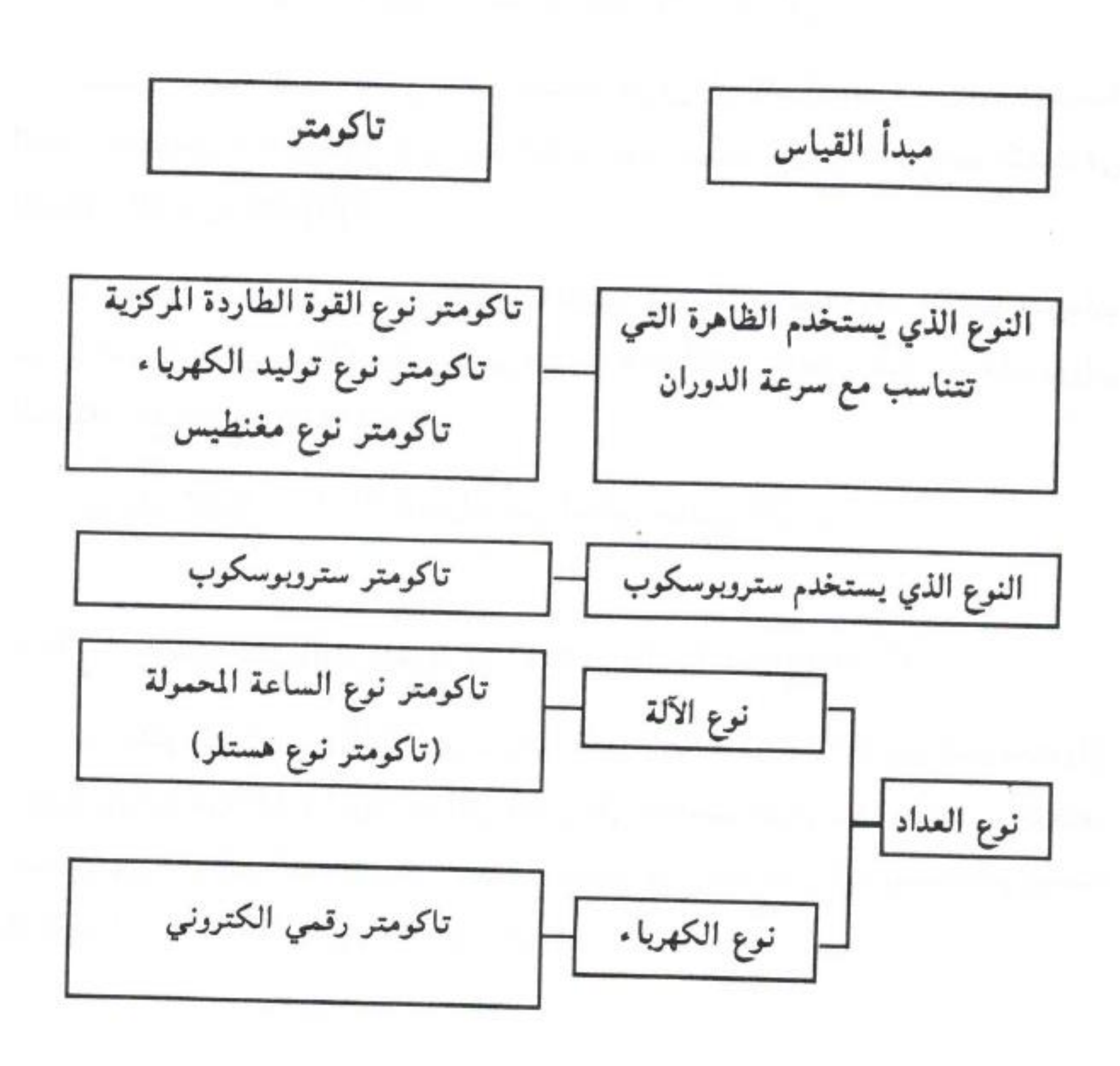
تسمى أجهزة القياس التى تقيس عـــدد دوران أجســـام دوارة خلال وحـــــدة الزمن « تاكومترات ». وبشكل عام ، يتم التعبير عن سرعات دوران الآلات بعدد اللفات فى الدقيقة ، لفة / ق، (rpm)(4).

* وسرعة الدوران هى احدى الكميات المهمة في مجال الصناعة . فترتبط سرعات دوران العمود الرئيسي لآلات التشغيل مع سرعات القطع ،كما ترتبط سرعات دوران المحركات مع مقدار القدرة المحركة .

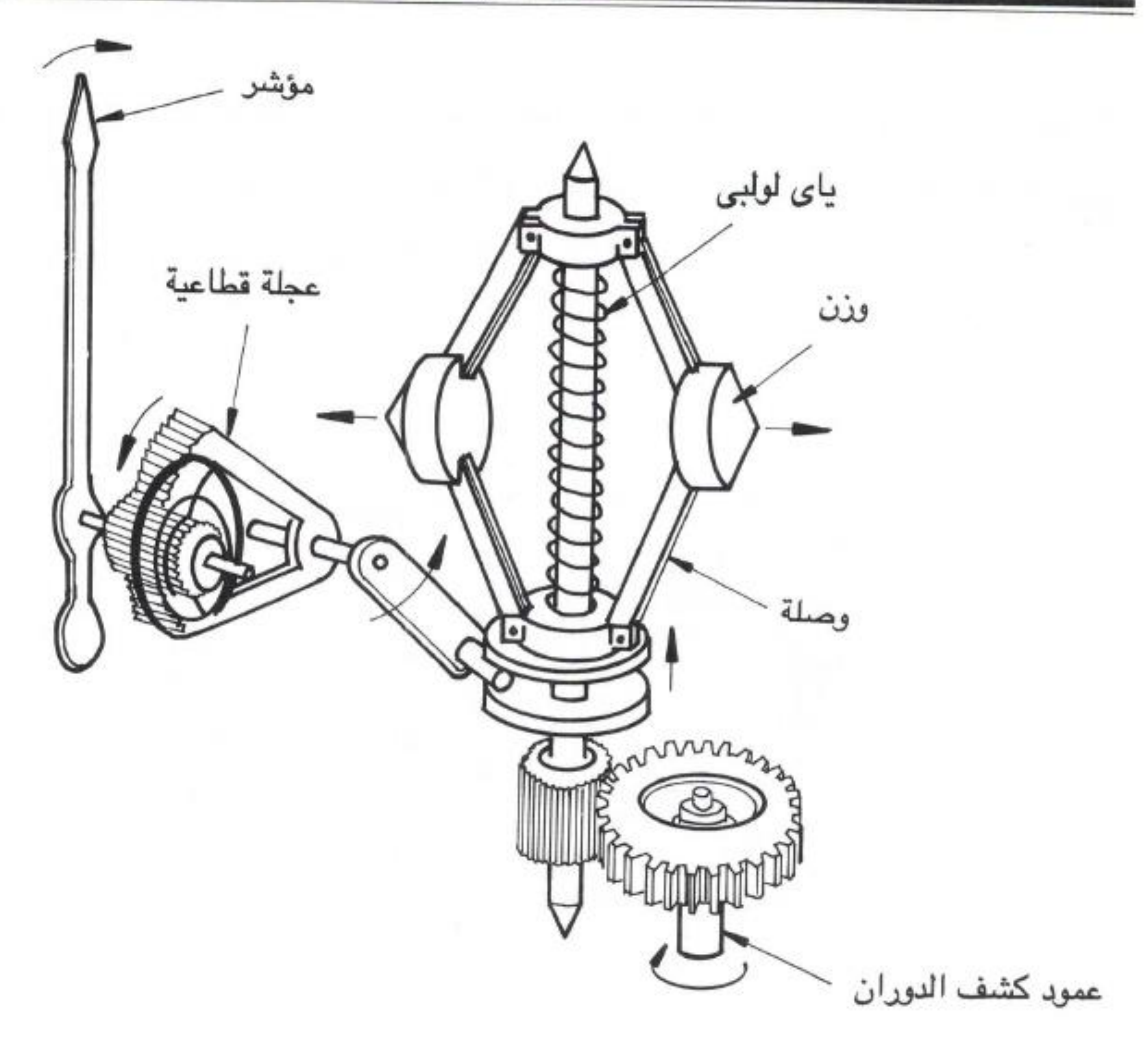
ويصنف الجدول ٤-١، التاكومترات على أساس مبادىء القياس .

٤-٢-١ تاكو متر الطردالمركزي Centrifugal Tachometer

يبين تاكومتـر الطـرد المركـزي سرعـة الدوران باستخدام إزاحة ياي كسرعة دوران ، وذلك بموازنة قوة الطرد المركزيـة التى تؤثـر على الجسـم الدوار مع قوة الياي. وتركيبه بسيط وقوي . ويمكن الحصول على عزم كبير نسبياً من المؤشـر ، كما يستخـدم أيضـا كتاكومترات تسجيـل ، (انظر الشكل ٤-٤) .



الجدول ٤-١ أنواع التاكومترات



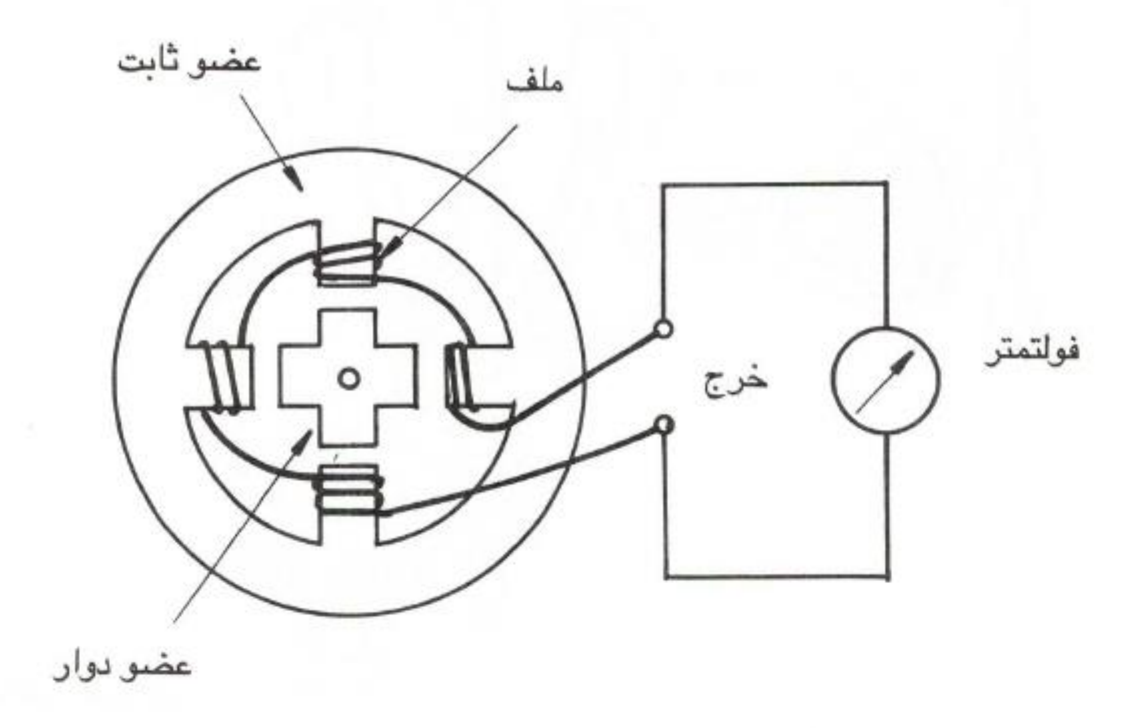
الشكل ٤-٤ تاكومتر الطـرد المركزى

٤-٢ -٢ التاكومتر المولّد Generating Tachometer

وفيه يتولد جهد يتناسب مع سرعة الدوران عندما يتم توصيل مولد DC أو AC إلى عمود دوار مطلوب قياس سرعة دورانه ، وهذا هو التاكومتر المولد . ويمكن قياس سرعات الدوران بقراءة هذا الجهد المتولد عن طريق فولتمتر

ويمكن تعيين اتجاهات الدوران لتاكومترات التوليد DC عن طريق الجهد الموجب أو السالب، ويمكن استخدام هذه التاكومترات فى التحكم الأوتوماتيكي للآلات الكهربائية

.وتعتمد تاكومترات التوليد AC ،(انظر الشكل ٤–٥)، على مغنطيسات دائمة كأعضاء دوارة حتى تكون الأعطال قليلة، ويمكن قياس سرعات الدوران اللحظية. وهي تستخدم كعدادات سرعة للقطارات الكهربائية والمعدات الأخرى .



الشكل ٤–٥ تاكومتر من نوع المولّد AC

٤– ٢–٣ التاكو متر الستروبوسكوبى Stroboscope Tachometer

عند رؤية دورات الأجسام أو اهتزازاتها عند اللحظات التي تكون فيها الأجسام في مواضع سبق إعدادها ، يمكن أن تبدو الأجسام المتحركة في حالة ساكنة. يسمى الجهاز من هذا النوع ستروبوسكوب.ويسمى التاكومتر الذي يعتمد على هذا الستروبوسكوب ، تاكومتر ستروبوسكوبى .

التردد الومضي للستروبوسكوب	1HZ	N HZ	1/N HZ
شكل الجسم الدوار	خط واحد	عدد n من الخطوط	خط واحد

الشكل ٤-٦ ظهور صورة عند سرعة دوران 1 لفة / ق



الشكل ٤-٧ لوح رسم بياني للستروبوسكوب

برسم خط فى اتجاه نصف قطر جسم دوار، كما فى الشكل ٤-٦، ثم إطلاق أشعة عليه عن طريق صمام تفريغ في حالة تردد ومضي يساوى 1 هرتز، بعد إدارة الجسم الدوار بمقدار1 لفة /ق ، يظهر الخط كما لو كان ساكناً. وبالزيادة التدريجية للتردد الومضي لصمام التفريغ إلى 2 ، 3 ، ...، n هرتز ،وإطلاق أشعة على الجسم الدوار مرة كــــل 1/3,1/2 .... ، 1/n لفة ، يمكن رؤية الخط نصف القطرى بعدد مضاعفات صحيحة يســـــاوى 2، 3 ..... ، n خط .وبالعكس ، عند تقليل تدريجى للتردد الومضي إلى1/2 , 1/3 ...1/n هرتز ، يضاء الجسم الدوار كل 3,2 ، ... ، n لفة ، بحيث يمكن رؤية الخط الواحد كما لو كان ساكناً .

وعليه ، إذا كانت سرعة دوران جسم دوار هي مضاعف صحيح للتردد الومضي لصمام التفريغ للستروبوسكوب يتكرر حدوث نفس الظاهرة . وعلى ذلك ، لا يمكن تعيين عدد الدورات فورا ، ولكن عندما يظهر أول خط ثابتا، فإن التردد الومضي يبين سرعة دوران الجسم الدوار ،وذلك بعد القيام بتقليل تدريجى للتردد الومضي لصمام التفريغ من تردد عالى كافى.

ويثبت لوح رسم بياني ، كما في الشكل ٤-٧، على الجسم الدوار . وبشكل عام ، يتطابق التردد الومضي لصمام التفريغ عندما تظهر الصورة كلها كما لو كانت ساكنة ، مع سرعة دوران الجسم الدوار . ويضبط التردد الومضي بالزيادة إذا تحركت الصورة ببطء فى اتجاه دوران الجسم الدوار وبالتقليل فى الحالات العكسية .

وللتاكومتر الستروبوسكوبي الخصائص التالية :

(١) يمكن قياس سرعات دوران عالية من 200 إلى18000 لفة/ق .

(٢) يمكن القيام بالقياسات بدون ملامسة الأجسام الدوارة .

(٣) عزوم العمود الدوار صغيرة للغاية . ويمكن القيام بقياسات دقيقة، حتى لو تغيرت سرعات الدوران عند توصيل التاكومتر .

٤ – ٢ – ٤ التاكومتر المحمول ذو الساعة Portable Clock Tachometer

يسمى هذا التاكومتر – تاكومتر هستلر (انظر الشكل ٤–٨) . وهذا التاكومتر عبارة عن تاكومتر عد آلي، يبين سرعة الدوران عن طريق عد الدورات خلال زمن سبق تحديده ، وذلك بدمج عداد معه ، عن طريق عجلة مسننة وآلية ساعة عجلة موازنة .

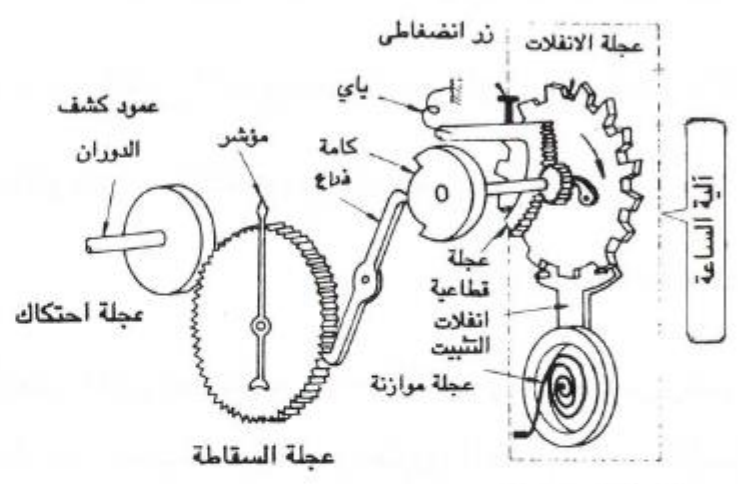
وهذا التاكومتر من النوع المدمج وهو خفيف الوزن ويستخدم بكثرة كتاكومتر محمول .

٤–٢ – ٥ التاكومتر الالكتروني الرقمي

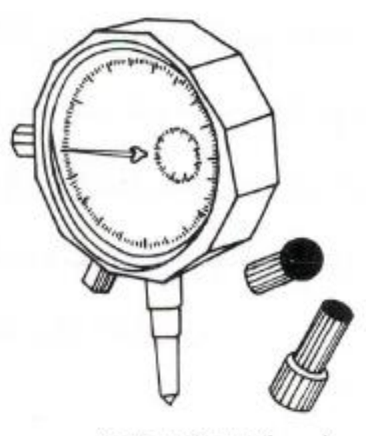
Electronic Digital Tachometer

يسمى التاكومتر الذي يستخدم عداد الكترونى، تاكومتر رقمى الكتروني. ويستخدم هذا التاكومتر إشارات نبضية متولدة عن طريق الجسم الدوار كإشارات دخل . ويتم عمل عد للإشارات النبضية فى زمن سبق تحديده لحساب سرعة الدوران . ويبين الشكل ٤–٩، المكونات الأساسية للعداد الالكتروني. ويستخدم مذبذب كوارتز فى مولّد الزمن المرجعي للحصول على إشارة نبضية دقيقة عند فترات زمنية تم تحديدها من قبل، مثل واحد ثانية . وتقوم النبضات بفتح وغلق بوابة الإشارة . ويتم عدّ إشارات الدخل (نبضات) التى تمر خلال البوابة بواسطة عداد، أثناء فتح بوابة الإشارة عن طريق إشارة من دائرة التحكم فى البوابة ، ويتم بيان هذا العدد كسرعة الدوران .

يتم الضغط على الزر الانضغاطى ثم يترك ، فتدور الكامة بسرعة ثابتة عن طريق قوة الاستعارة للياي . ويحرر الجزء المحدب من الكامة ترس السقاطة عن طريق الذراع ، ثم تدور عجلة السقاطة عن طريق عمود كشف الدوران وعجلة الاحتكاك . وبعد 3 دقائق يتوقف المؤشر عن الدوران . وعند هذا الوقت ، يتم بيان سرعة الدوران عن طريق المقياس الذى تم تحويله لكل دورة فى الدقيقة .

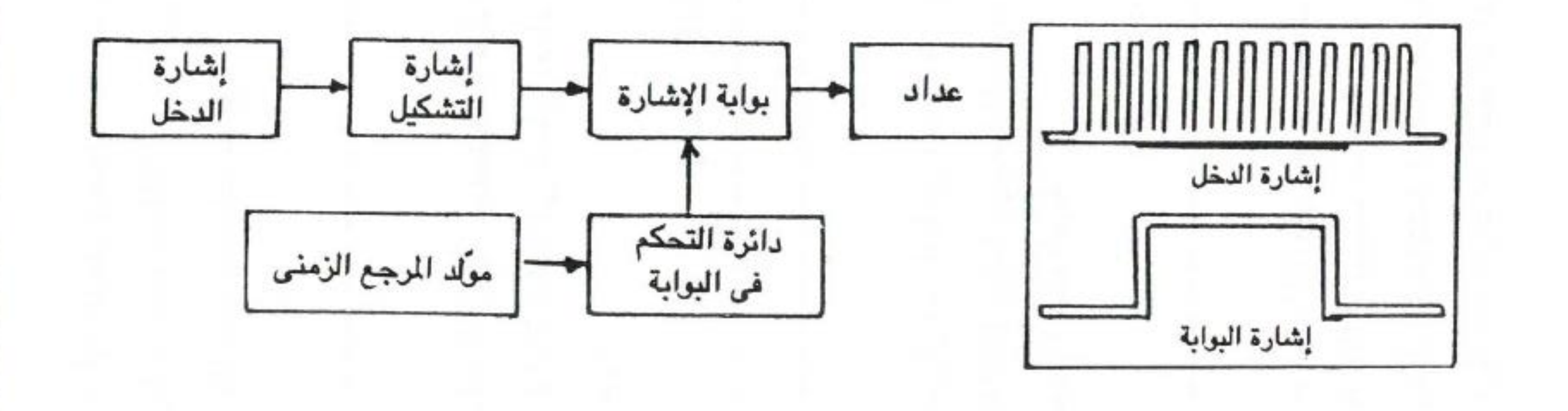


(ا) الشكل العام



(ب) الشكل الخارجى

الشكل ٤ – ٨ تاكومتر هستلر Hustler Tachometer



الشكل ٤ – ٩ المكونات الاساسية للعداد الالكترونى

ويبين الشكل ٤-١٠، كاشف إشارة الدخل .ويحول الكاشف سرعة دوران الجسم الدوار إلى إشارات نبضية كهربائية . وتنقسم الكاشفات إلى أنظمة كهروضوئية ومغنطيسية . وهي تبين رقمياً ، ولها دقة عالية وتستخدم بسهولة .

تمرين ١

إذا كان لقرص يولّد نبضات 60 ثقباً . وباستخدام مولّد إشارة ، تم توليد النبضات ، وتم عدّ 5432 نبضة في ثانيتين بعداد الكتروني ، فما هي سرعة دوران القرص ؟

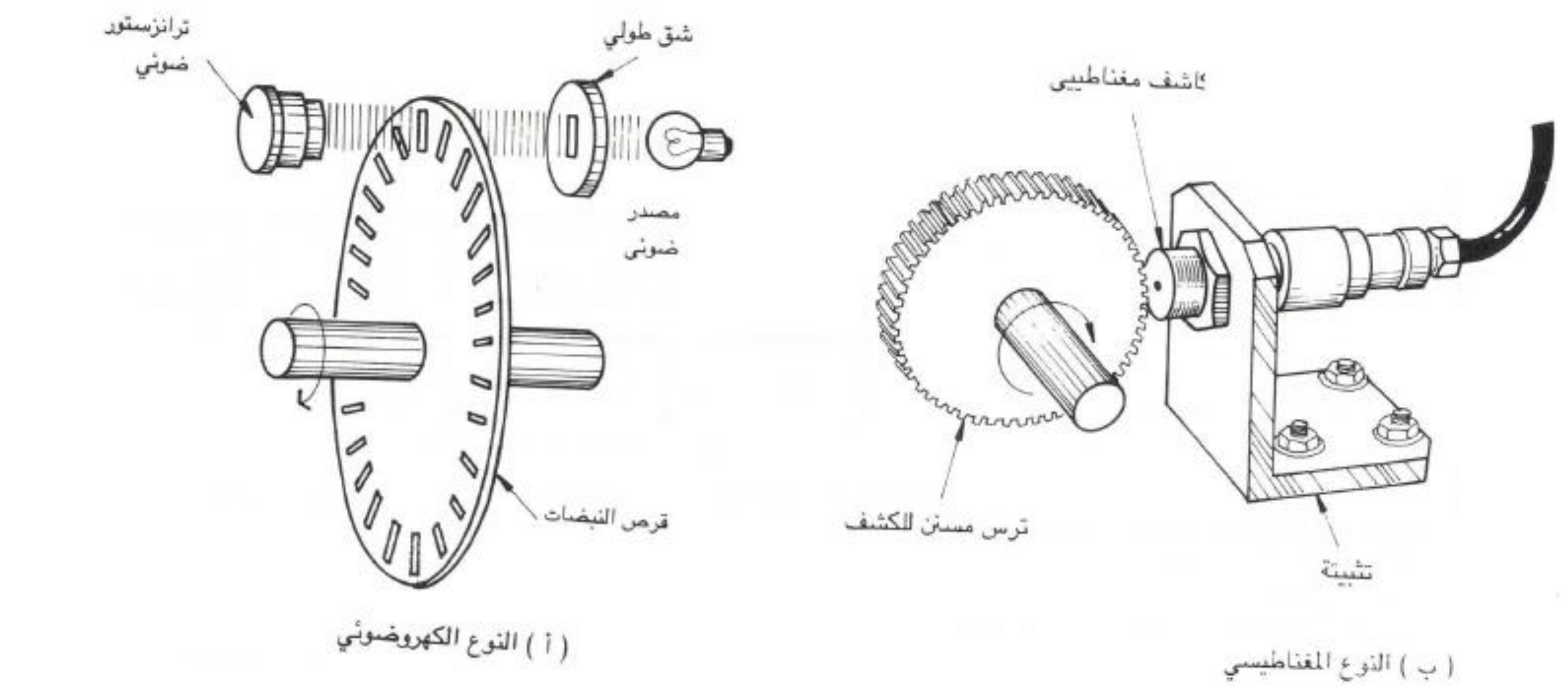
(الإجابة: 2716 لفة /ق)

تمرين ٢

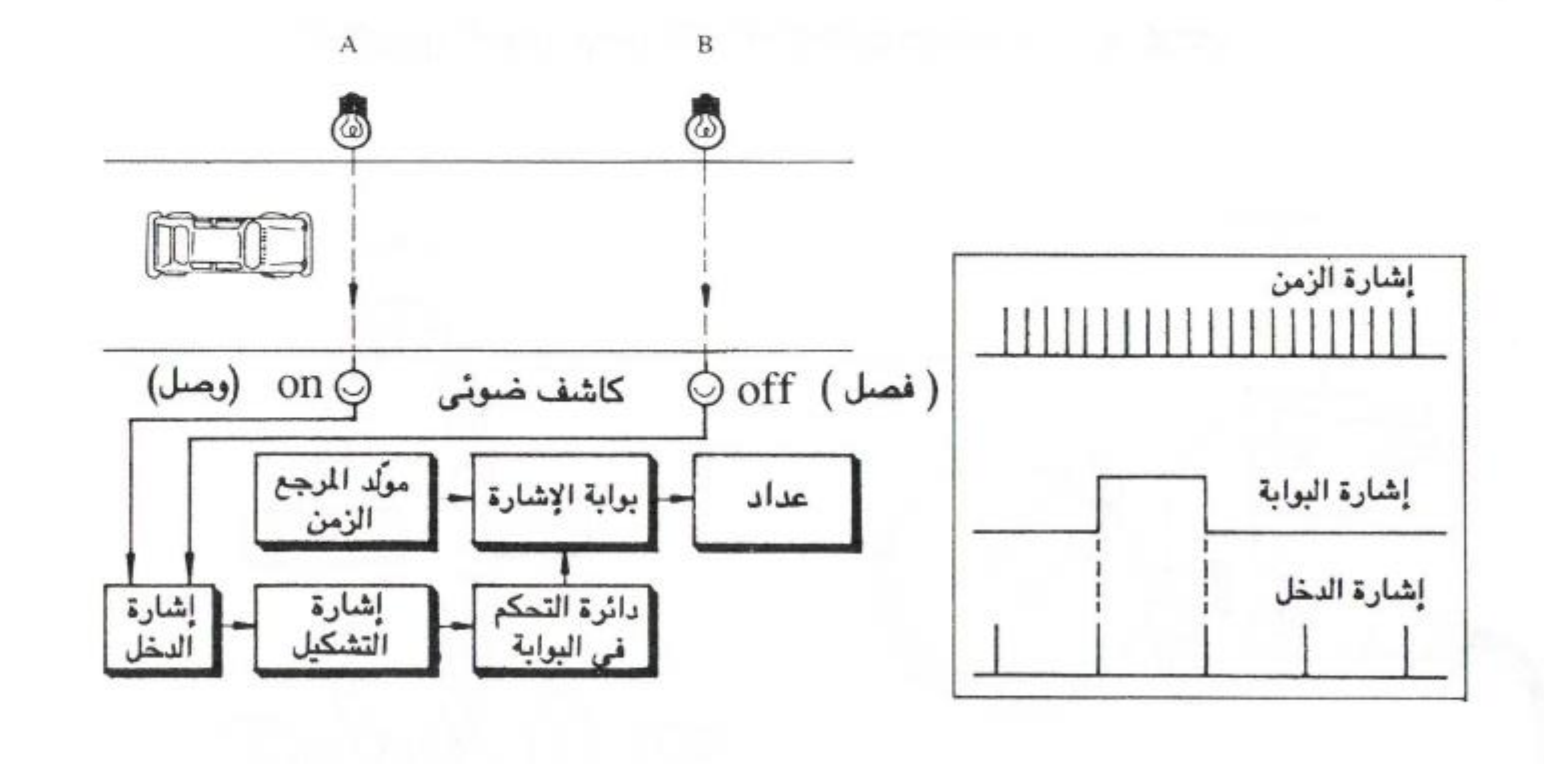
في الشكل ٤-١١ ، وبفرض أن المسافة بين النقطة A ، والنقطة B هي 4 م ، وأنه أمكن عدّ 16000 نبضة مرجعية ذات تردد 100 كيلو هرتز . احسب السرعة المتوسطة لهذه العربة .

(الإجابة: 90 كم/ساعة)

يمكن قياس السرعات باستخدام عداد الكتروني كما في الشكل ٤-١١. فيركب مصدر ضوء وكاشف ضوئي عند نقطتي B , A ، بينهما مسافة ثابتة ، وتفتح بوابة الإشارة عندما تمر العربة على النقطة A ، وتقفل بوابة الإشارة عندما تمر العربة على النقطة B ويمكن حساب السرعة المتوسطة بمعرفة عدد مرات عدّ النبضات المرجعية أثناء فتح وقفل البوابة .



الشكل ٤ – ١٠ كاشف تاكومتر من نوع العداد الرقمي الالكتروني



الشكل ٤ – ١١ قياس السرعة باستخدام عداد الكترونى

تمرينـــــات

١- ما هو منظم السرعة في الساعة ؟ وما هي الوظيفة التي يؤديها للساعة ؟

٢ - صنّف الساعـات على حسب نوع منظم السرعة ،واشرح خصائص كل منها .

٣- إذا ظهرت مروحة كهربائية ذات ثلاث ريش كأنها ساكنة عندما أضيئت بواسطة ستروبوسكوب ذي تردد ومضي يساوى 60 هرتز .

وإذا كـانت سرعة الدوران هي 1000 لفة/ق تقريبا، فمـا هو العدد الصحيح لعدد الدورات ؟

(الإجابة :1200 لفة/ق)

٤- اذكر الأنواع المختلفة للتاكومترات وقارن بين خصائص كل منها.

هـوامـــــش

(١) تبعاً للتعريف الدولي الذى أقرته الجمعية العمومية الدولية للموازين والمقاييس سنة ١٩٦٧ .

(٢) بفرض أن المسافة بين نقطة الارتكاز ومركز ثقل الوزي تساوى ℓ(م)، وأن عجلة الجاذبية هى g (م/ث٢)، تكون فترة الذبذبـــــة هى T (ثانية)، ويعبر عنها كما يلى :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

(٣) يتم تداول أنظمة التفرق(التبعثر) الدينامي (DS) وتأثير المجـــــال (FE).

وهذا الوصف هو عن نظام التفرق(التبعثر) الدينامي .

(٤) وحدات سرعـة الدوران هي لفات / ثانيـة (رمز الوحدة : ث - ١ أو لفة /ث) ، لفـات/دقـيقـــة (رمـز الوحـــدة : ق-١ أو لفـة/ق) ، لفـــات/سـاعـــة (رمـز الوحـــدة : سـاعـة-١أو لفـة/سـاعـة)."rpm" هو اخـتـصـار لـ لفة فى الدقيقة (لفة/ق).

الفصل الخامس

استخدام أجهزة قياس الموائع
INSTRUMENTATION OF FLUID

٥ – ١ استخدام أجهزة قياس الضغط

Instrumentation of Pressure

وحدة الضغط هى باسكال (Pa) . ويستخدم الـ كجم قوة/سم٢ فى الصناعة على نطاق واسع . وبالإضافة إلى هذا ، يستخدم الضغط الجوى (atm) ، وارتفاع عمود الزئبق (mHg) ، وارتفاع عمود الماء (mH_2O or mAq) . وفى الأرصاد الجوية ، يستخدم الـ" بار"، كوحدة لقياس الضغط .

والعلاقات بينها تكون كما يلى :

1 باسكال Pa = 1 نيوتن/م٢ = 1.01972×10^{-5} كجم قوة/سم٢

1 كجم قوة/سم٢ = 0.735559mHg = 0.980665 بار

1 جـــوي = 0.760 mHg = $10.3323\ mH_2O$

=1.01325 بار = 1.03323 كجم قوة/سم٢

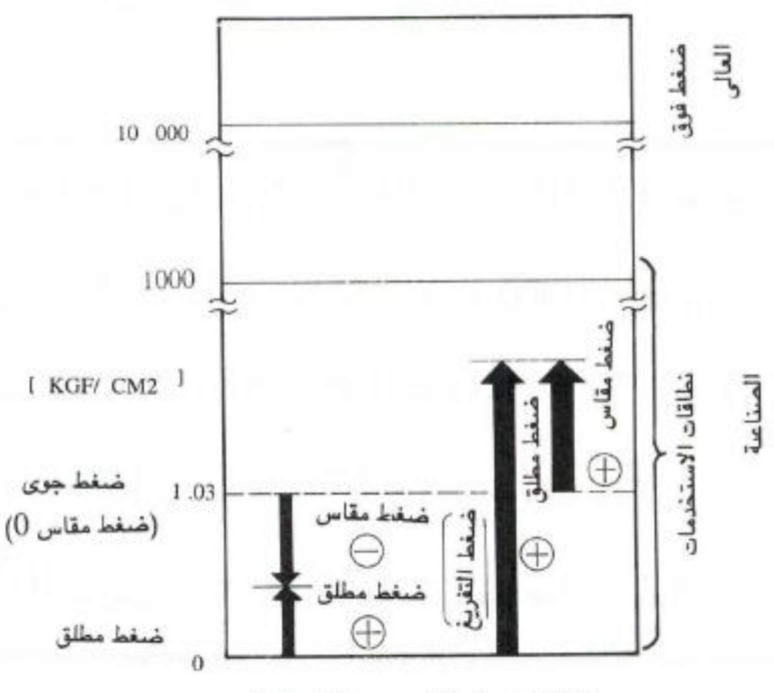
1 بار = 10^5 نيوتن / م٢ = 1.01972 كجم قوة / سم٢

وفى الاستخدامات الهندسية ، تستخدم كثيراً مقاييس الضغط المطلق والضغط المقاس، كما يظهر فى الشكل ٥-١ .

٥-١-١ أنواع ومدى قياس مقاييس الضغط

Types and Measuring Ranges of Pressure Gauges

تقاس الضغوط باستعمال نفس المبادىء التي تستخدم لقياس القوة . وتصنف مقاييس الضغط[١] إلى نوع العمود السائل ، الذى يتوازن مع الوزن ذي المستوى المعروف ، والنوع المرن ، الذي يستخدم إزاحة جسم مرن ، والنوع الكهربائي الذي يستخدم ظاهرة كهربائية



الشكل ٥-١ التعبير عن الضغط

النوع		مدى القياس	الدقة
نوع العمود السائل	انبوبة على شكل U	$10 \sim 2\,500$ mm H_2O (أو mm Hg)	0.1 mmH_2O (أو mm Hg)
	أنبوبة واحدة		
	الإنبوبة المائلة	$10 \sim 50$ mmH_2O	0.05 mmH_2O
	موازن حلقي	$20 \sim 2\,500$ mm H_2O	1%
	جرس	$5 \sim 300$ mm H_2O	1 ~ 2%
النوع المرن	انبوبة بوردون	0.5mm$H_2O \sim 4\,000$kgf/cm^2	1 ~ 2%
	الغشاء (معدني)	10mm$H_2O \sim 2$ kgf/cm^2	
	الغشاء (غير معدني)	$1 \sim 2\,000$ mmH_2O	
	منفاخ	10 mm$H_2O \sim 10$ kgf/cm^2	
	غرفة تفريغ	$10 \sim 1\,500$ mmH_2O	
نوع الوزن		$2 \sim 4\,000$ kgf/cm^2	0.1%
الكهربائي	سلك مقاومة	1 000 kgf/cm^2	2%
	كهربائي إجهادي	$5 \sim 1\,000$ kfg/cm^2	

الجدول ٥-١ أنواع ومدى قياس و دقة مقاييس الضغط

يُدَوِّن الجدول ٥-١، أنواع ومدى قياس ودقة مقاييس الضغط الرئيسية.

تمرين ١

أوجد القيمة المطلقة للضغط عندما يكون الضغط المقاس هو 8 كجم قوة/سم٢ .

(الإجابة: 9.033 كجم قوة/سم٢)

تمرين ٢

إذا كان ضغط تفريغ المضخة هو 1.5 كجم قوة/سم٢، فما هو ارتفاع الماء الذي يمكن للمضخة أن ترفعه ؟

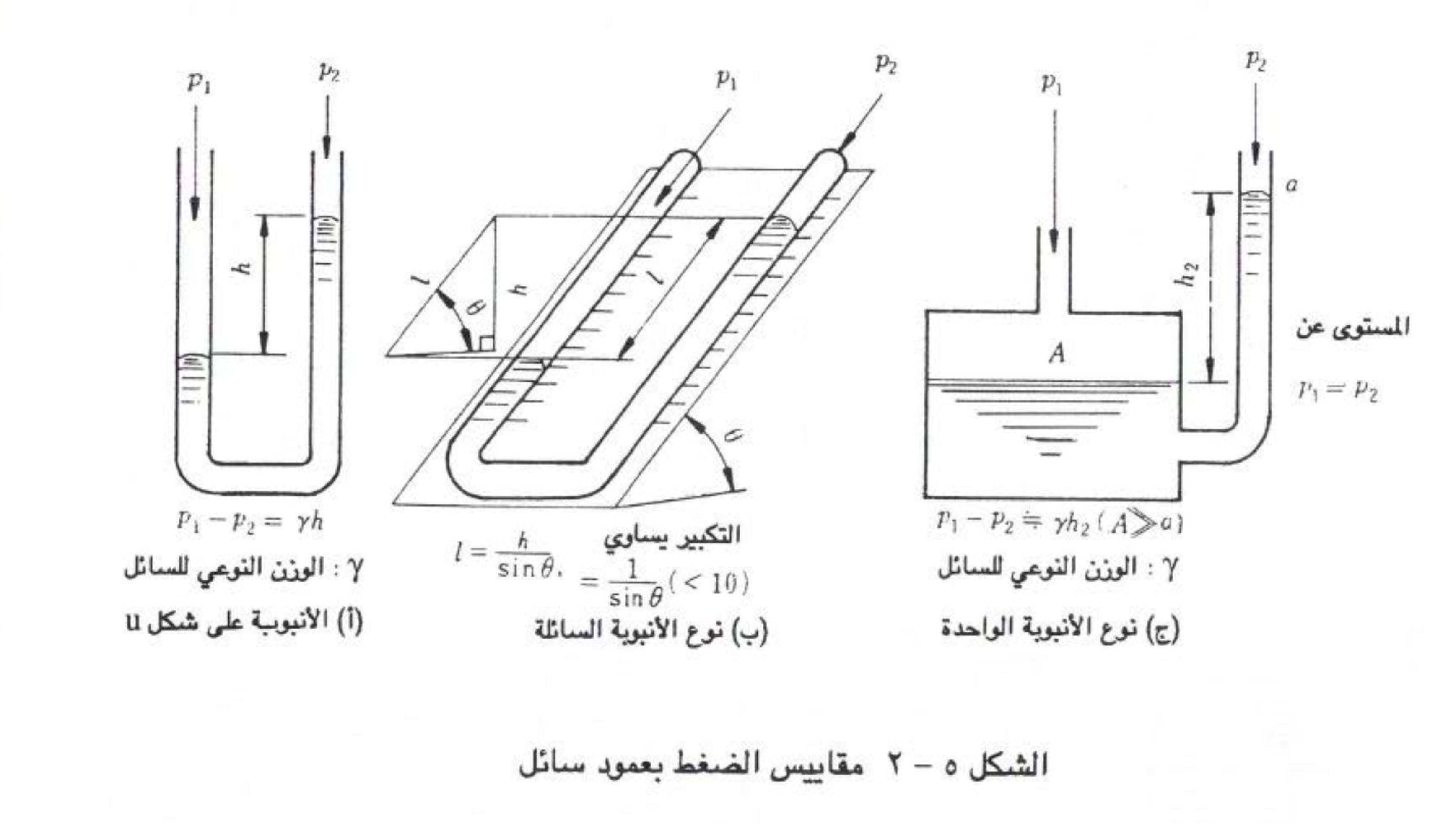
(الإجابة :15.0 م) .

٥-١-٢ مقاييس الضغط بعمود سائل Liquid Column Pressure gauges

تنقسم مقاييس الضغط ذات عمود السائل إلى الأنواع : أنبوبة حرف U وأنبوبة مائلة وأنبوبة واحدة كما فى الشكل ٥-٢ (أ)، (ب)، (جـ).

٥-١-٣ المبين المرن لقياس الضغط Elastic Pressure Indicator

يقيس المبين المرن للضغط ، بناءً على إزاحة جسم مرن . وتقسم مبينات الضغط المرنة تبعاً للجسم المرن الذي يتلقى الضغط ، إلى النوع ذي أنبوبة بوردون ، والنوع ذي الغشاء ، والنوع ذي المنفاخ ،كما فى الشكل ٥-٣(أ)،(ب)،(جـ) .



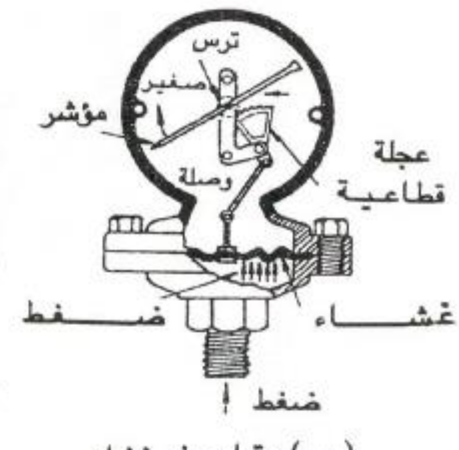
الشكل ٥ – ٢ مقاييس الضغط بعمود سائل

عندما يدخل الضغط المقاس من الطرف الثابت لأنبوبة بوردون ، يتمدد الطرف الحر على شكل قوس تبعا للتغير فى الضغط. . ثم يدور المؤشر عن طريق الترتيبة ـ الوصلة والعجلة القطاعية) . وتصنع أنبوبة بوردون من نحاس برونزي فسفوري للضغط المنخفض ، وتصنع من سبيكة الصلب للضغط المرتفع .

انبوبة بوردون
لوحة القرص المدرج
ترس صغير
عجلة قطاعية
(طرف اخر)
مؤشر
وصلة
ضغط

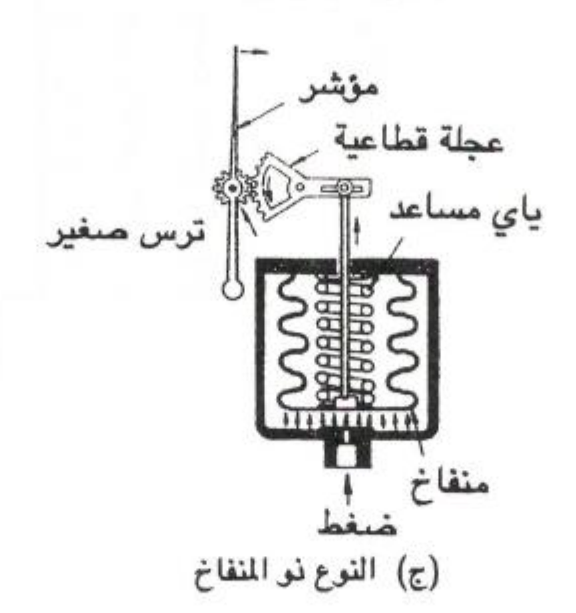
(أ) مقياس ذو أنبوبة بوردون

الغشاء (الرقيق) عبارة عن قرص مستوي أو قرص مموج . ويتم تكبير الإزاحات، وهى تناظر الضغط الفرقي الذي يقع على القرص (على الجانب العلوى والسفلى) ويتم بيانها عن طريق الوصلة والعجلة القطاعية، وتصنع مادة الغشاء من الصلب ، والصلب غير القابل للصدأ والبرونز الفسفورى ، والنحاس للضغط العالى ، وتصنع من المطاط والجلد كمواد غير معدنية للضغط المنخفض .



(ب) مقياس ذو غشاء

يتوازن التغير فى الضغط الخارجى تماما عن طريق مرونة المنفاخ وقوة الياى المساعد . ويتم تكبير وبيان مقدار الانحراف



(ج) النوع ذو المنفاخ

الشكل ٥ – ٣ مقاييس مرنة لقياس الضغط

٥-١-٤ المبّين الكهربائي لقياس الضغط Electric Pressure Indicator

[١] مبّين الضغط ذو المقاومة الكهربائية

تنقسم مبينات الضغط ذات المقاومة الكهربائية، بشكل عام ، إلى الأنواع التي تستخدم خلية حمل باستعمال مقياس انفعال ذي سلك مقاومة، وتلك التي تعتمد على تغيرات سلك مقاومة كهربائية ، تنتج من ضغط سبيكة مثل المنجنين (سبيكة تحتوى على 83% نحاس ، 12.7% منجنيز، 3.9% نيكل) . وهي تستخدم فى قياس الضغط العالي.

[٢] مبّين الضغط الكهربائي الإجهادي

يعتمد مبين الضغط الكهربائي الإجهادي على التأثير الكهربائي الإجهادي للكوارتز ، وتيتانيوم الباريوم أو مواد أخرى. وهو يستجيب بسرعة ويستخدم لقياس التموجات السريعة للضغط .

٥-١- ٥ مقياس التفريغ Vacuum Gauge

تسمى أجهزة القياس التي تقيس الضغط الأقل من الضغط الجوى بمقاييس التفريغ. وتستخدم المقاييس ذات حرف - U وذات أنبوبة بوردون أيضا فى قياس ضغط التفريغ .ويستعمل مقياس التفريغ لماكليود كمرجع لمقاييس التفريغ، ويظهر فى الشكل ٥-٤ .

تتناسب الموصلية الحرارية للغازات مع الضغط، وذلك تحت تأثير ضغط تفريغ ثابت . ويستخدم مقياس بيرانى وأجهزة أخرى بكثرة كمحولات طاقة في مقاييس التفريغ التي تعتمد على هذه الظاهرة .

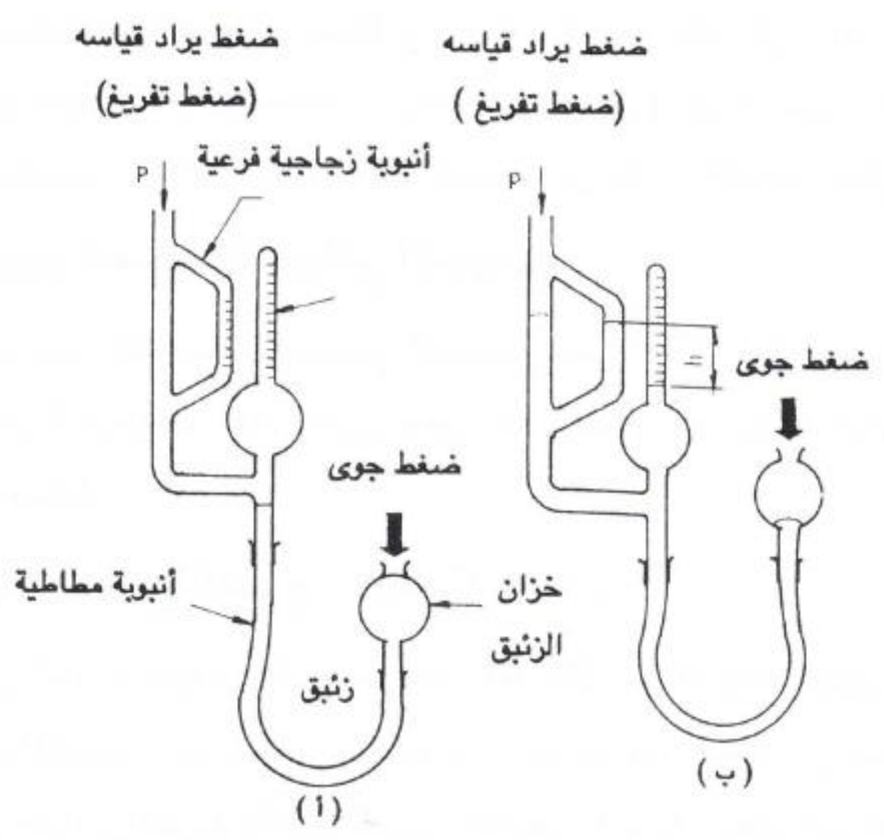
٥ - ٢ استخدام أجهزة قياس الانسياب Instrumentation of Flow

تستخدم الطرق التالية بكثرة فى استخدام أجهزة قياس الانسياب :

(١) استخدام آلية خانقة ، ويحسب الانسياب عن طريق الضغط الفرقي (التفاضلي) قبل وبعد الخنق .

(٢) قياس سرعة الانسياب، ويحسب الانسياب عن طريق السرعة ومساحة المقطع.

(٣) يستخدم عضو دوار أو دفَّاعة مع الانسياب ، ويحسب الانسياب على أساس سرعة الدوران لها.



كما فى الشكل (أ) ، ينخفض مستودع الزئبق ويدخل الضغط المطلوب قياسه. وبعد ذلك يتحرك مستودع الزئبق إلى أعلى كما فى الشكل (ب) ، ويقفل الغاز (الضغط p) فى الوعاء الزجاجى ، ويتم الحصول على ضغط التفريغ عن طريق فرق ارتفاع مستوى الزئبق بين الوعاء الزجاجي والأنبوبة الزجاجية الفرعية .

الشكل ٥-٤ مقياس التفريغ لماكليود Macleod

(٤) تستخدم المحاثة الكهرومغنطيسية الناتجة من انسياب المائع فى مجال كهربائي .

ويجب أن تؤخذ فى الاعتبار تأثيرات خصائص المائع ، ومدى الانسياب ، ودقة القياس ، ودرجة حرارة المائع والضغط واللزوجة والمعاملات الأخرى، وذلك عند اختيار مقياس الانسياب

٥-٢-١ مقياس الانسياب بالضغط الفرقى (التفاضلي)

Differential Pressure Flowmeter

في حالة توفر خانق ، في جزء من خط الأنابيب ، ذي فتحة ، أو فوهة أو أنبوبة فنتوري ،كما فى الشكل ٥-٥ ، يتغير الجذر التربيعي للفرق في الضغط قبله وبعده بالتناسب مع معدل ضغط الانسياب . ويتميز مقياس الانسياب بالضغط الفرقي بأنه ذو تركيب بسيط ودقة عالية، وهو يستخدم بكثرة.

وفي كلتا الحالتين ،يمكن حساب الانسياب Q (م٣/ث) لسائل كما يلى، باستعمال نظرية ومعادلة برنولى :

$$Q = \alpha A \sqrt{\frac{2g}{\gamma}(P_1 - P_2)} \qquad (5-1)$$

حيــــث α : معامل الانسياب

A : مساحة مقطع أقل جزء في الخانق (م٢)

g : عجلة الجاذبية (م/ث٢)

γ : الوزن النوعي للسائل (كجم قوة /م٣)

(p_1-p_2) : الضغط الفرقي (كجم قوة / م٢)

الفتحة : سهلة التنفيذ وبسيطة فى التركيب وهى ذات فقد كبير فى الضغط .

الفوهه : صعبة في التنفيذ وعالية التكاليف .

انبوبة فنتوري : ذات فقد قليل في الضغط ودقة عالية في القياس وتحتاج إلى مكان كبير .

الشكل ٥ – ٥ فتحة ، فوهه ، وانبوبة فنتورى

Orifice , Nozzle and Venturi Tube

٥ - ٢ - ٢ مقياس الانسياب دوران المساحة

Area Flowmeter

يحدث الانسياب في حالة مقياس الانسياب بالضغط الفرقي (التفاضلي) بتثبيت مساحة الخانق ، وتنتج تموجات (تقلبات) في الضغط الفرقي قبل وبعد الخانق.ويقوم مقياس الانسياب على أساس تغيير المساحة، بحساب الانسياب عن طريق تغيير مساحة مقطع الخانق للمحافظة على ضغط فرقى ثابت دائماً .

وكما يظهر في الشكل ٥-٦ ، فإن تركيب مقياس الانسياب على أساس تغيير المساحة بسيط، ولا يلزم معه وجود أنابيب مستقيمة قبل أو بعد بوابة خروج الضغط الفرقي. ويمكن تركيبه مباشرة على خط أنابيب .ويستخدم لقياس الانسيابات الصغيرة، التي لا يمكن قياسها بواسطة مقياس الانسياب بالضغط الفرقي أو في حالة الموائع ذات درجة اللزوجة العالية نسبيا.

٥ - ٢ - ٣ مقياس الانسياب بإزاحة موجبة

Positive Displacement Flowmeter

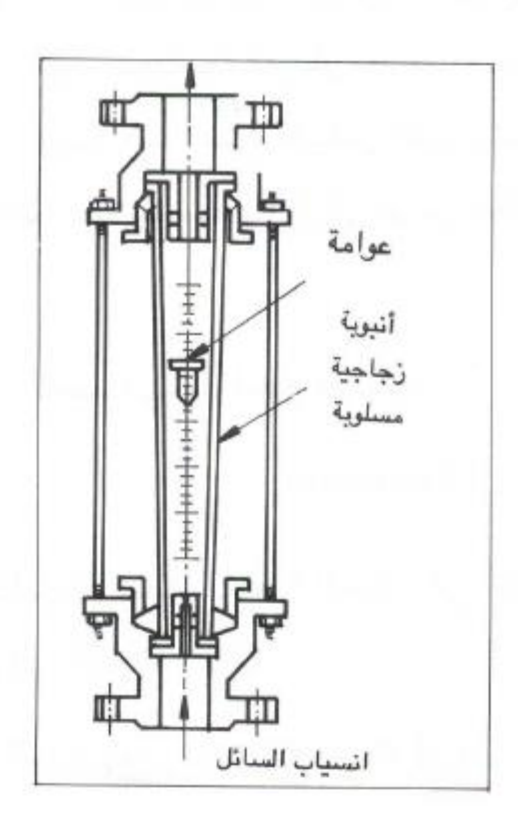
يقوم هذا المقياس بتكامل الأحجام المكعبة للموائع في أنبوبة باستخدام معيار لحجم . تكعيبى ثابت ، وهو ينقسم إلى الأنواع التالية :

[١] مقياس الانسياب البيضاوى Oval Flowmeter

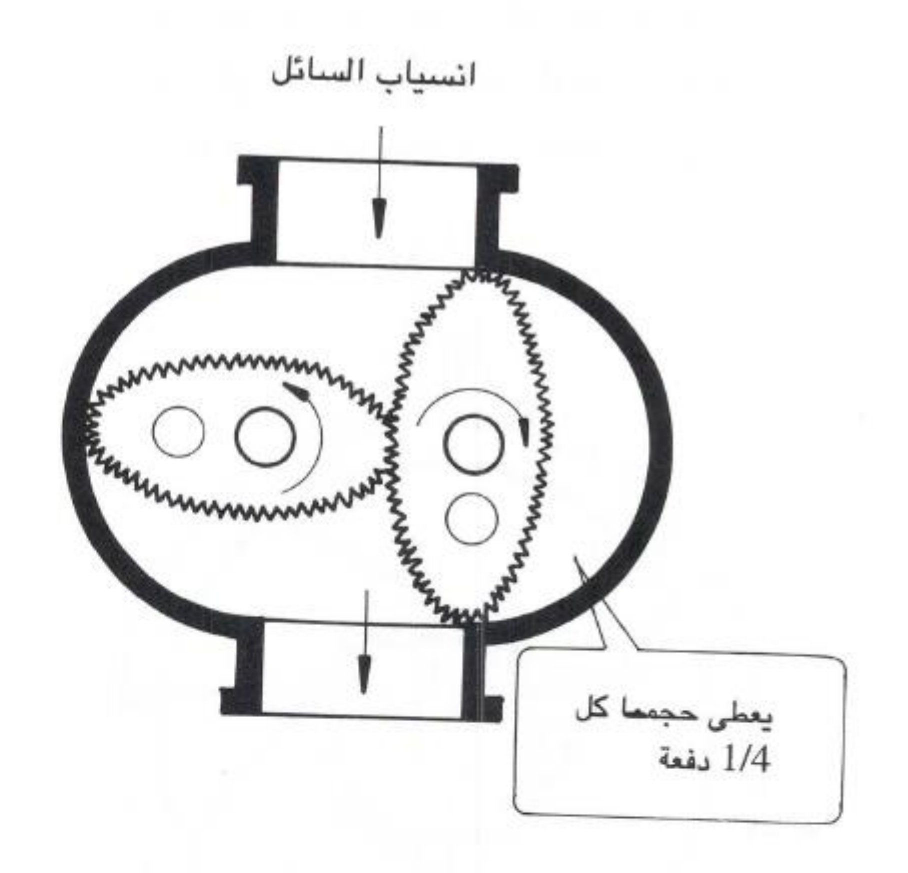
كما يظهر في الشكل ٥-٧، تدور عجلتان بيضاويتان مسننتان بالتبادل ويمكن الحصول على انسياب حجمي على أساس عدد لفات العجلات المسننة.

تستخدم مقاييس الانسياب البيضاوية في قياس انسياب سوائل ذات درجات لزوجة مختلفة بما فيها البنزين والزيوت الثقيلة .

ينساب السائل من أسفل إلى أعلى فى الأنبوبة الزجاجية المسلوبة ، فتبدأ العوامة في التحرك إلى أعلى ، وتتوقف العوامة فى وضع موازنة تام بين وزنها (وزنها ناقص الطفوية) والضغط الفرقى أعلى وأسفل العوامة . وبذلك يتم الحصول على كمية الانسياب . ويسمى مقياس الانسياب على أساس تغير المساحة بمقياس العضو الدوار ، عادة ، ويستخدم بكثرة .



الشكل ٥-٦ مقياس الانسياب على أساس تغيير المساحة من نوع العوامة

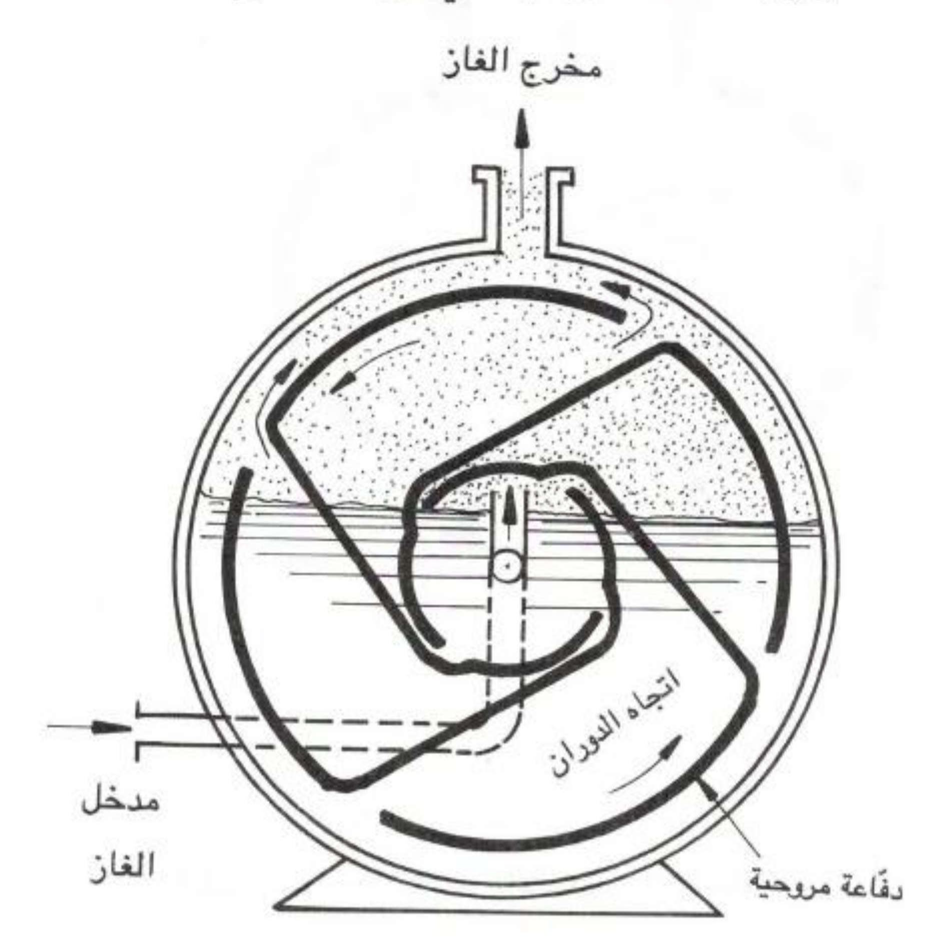


الشكل ٥ – ٧ مقياس الانسياب البيضاوي

[٢] مقياس الغاز الرطب Wet Gas Flowmeter

يمكن لهذا المقياس قياس مقادير من الغازات التي تمر على أساس عدد اللفات ، كما في الشكل ٥–٨. ولهذه المقاييس دقة جيدة (0.5%) وفقد صغير في الضغط ، ولذلك تستخدم بكثرة في أغراض التجارب والفحص، وكذلك في التعاملات التجارية الكبيرة ، والتعاملات مع الحجوم في المصانع.

يرسل الغـــاز من مـــدخل الاسطوانة التي
تحتوى على ماء ذي مستوى ثابت من الداخل .
والفرق في الضـغط للغاز بين المدخل والمخـرج
يدير الدفـاعـة المروحـيـة في اتجـاه الســهم .

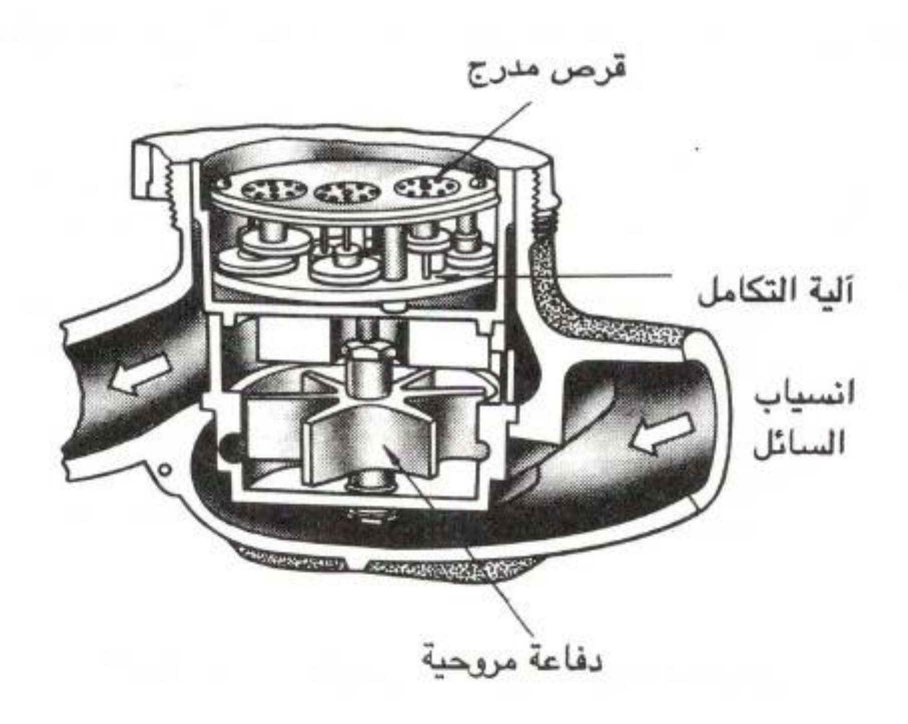


الشكل ٥–٨ مقياس الغاز المبلل

٥–٢–٤ مقياس الانسياب المروحي (بدفّاعة) Impeller Flowmeter

يبين الشكل ٥–٩، تركيب مقياس الانسياب المروحي ، الذي يستخدم في مقياس المياه المنزلى (عداد المياه المنزلي) . ولمقياس الانسياب المروحي دقة (4%) وحساسية أقل من مقياس الانسياب بالازاحة الموجبة، ولكنه بسيط التركيب وعالى المتانة.

تتحول طاقة السائل إلى دوران الدفّاعة المروحية . ينساب السائل بطريقة مماسة لها . ويتناسب دوران الدفّاعة المروحية مع سرعة السائل . وعليه تحسب القيمة المتكاملة للا نسياب عن طريق دورانه .



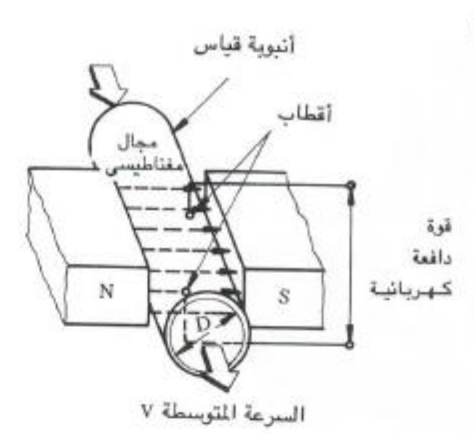
الشكل ٥-٩ مقياس الانسياب المروحي (ذو دفّاعة مروحية)

وبدلا من استخدام آلية التكامل الميكانيكية العادية ، تعتمد مقاييس الانسياب ذات البيان الرقمي على شبه موصل لعنصر مقاومة مغنطيسي مصنوع من مركب من الأنديوم والأنتيمون، يثبت على الجدار الجانبى للأنبوبة . وتتحول دورات الدَّفاعة إلى تغيرات في المقاومة الكهربائية الناتجة من تغيرات المجال المغنطيسى، وتنتج إشارات كهربائية تناظر دورات الدفّاعة وعدد أسنان العجلة المسننة .

٥-٢-٥ مقياس الانسياب الكهرومغنطيسى

Electromagnetic Flowmeter

يستخدم مقياس الانسياب الكهرومغنطيسى بكثرة في نطاق كبير من الاستخدامات بدءاً من قياس الانسياب في المواسير الرئيسية ذات القطر الكبير لمياه المدينة ، حتى قياس الانسيابات الدقيقة للدم في الأوعية الدموية . ويبين الشكل ٥-١٠، المبادىء الخاصة به .



عندما ينساب السائل في مجال مغناطيسى تنتج قوة دافعة كهربائية (تتناسب نع السرعة المتوسطة) تتعامد مع المجال المغناطيسي .

وعلى ذلك ، فى حالة أنبوبة مجوفة ذات قطر ثابت ، يكون جهد الخرج (الذي ينتج عن زوج من الاقطاب) متناسبا مع كمية تفريغ السائل .

$E=BDV$ حيث :

E : جهد الخرج (فولت)

B : الحث المغناطيسى (ويبر / م٢)

V : السرعة المتوسطة (م / ث)

الشكل ٥-١٠ مقياس الانسياب الكهرومغنطيسي

٥ – ٣ استخدام أجهزة قياس مستوى السائل

Intrumentation of Liquid Level

٥-٣ – ١ مبين مستوى السائل ذو العوامة

Float Liquid Level Indicator

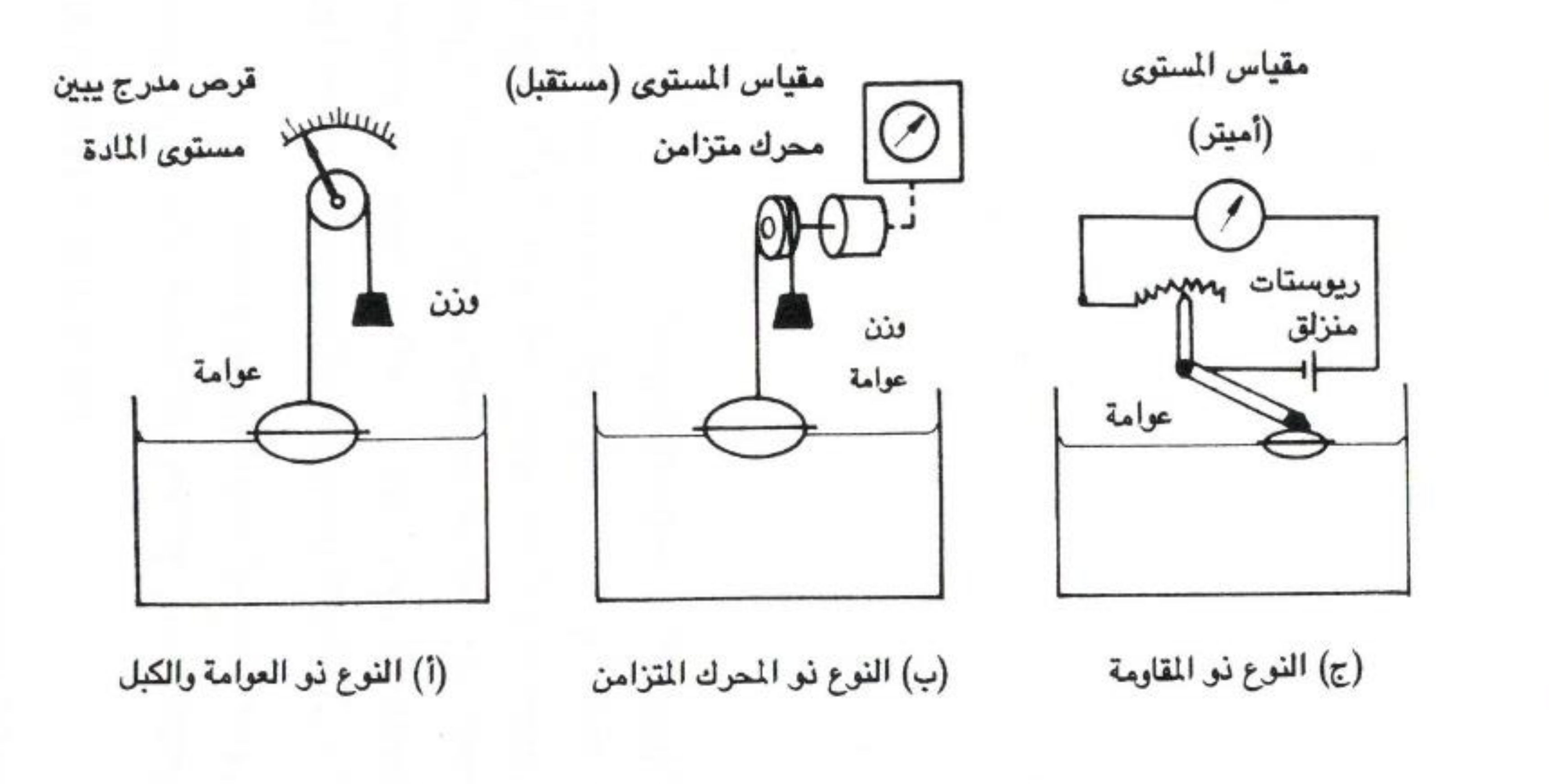
كما يظهر في الشكل ٥-١١، يستخدم هذا المبين عوامة تطفو على سطح السائل ويقاس مستوى السائل بناءً على موضع العوامة .

٥-٣-٢ مبّين مستوى السائل بالضغط

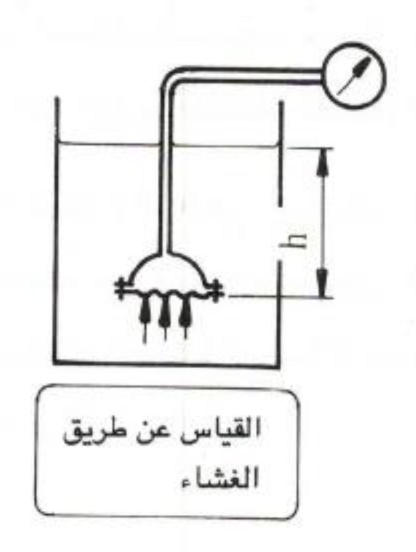
Pressure Liquid Level Indicator

كما يظهر في الشكل ٥-١٢ ، يقوم هذا المبين بتحديد ارتفاع سطح السائل h من الوضع الذي يتم فيه القياس ، بناءً على مستوى الضغط المناسب .

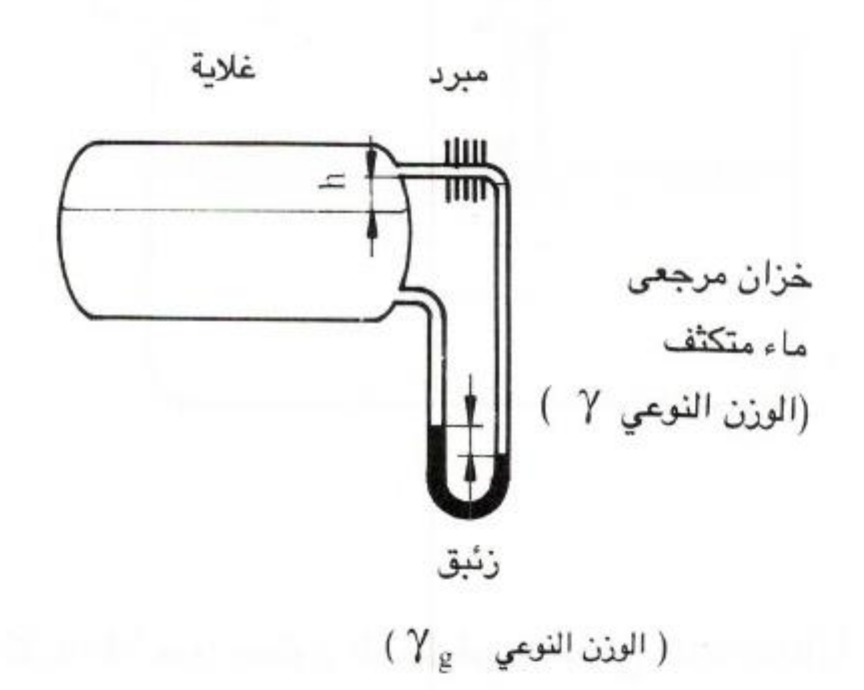
وكما في الشكل ٥-١٣، يحتوى الخزان المرجعي للمبّين، الذي يستخدم للتحكم في مستوى السائل في الغلايات أو المعدات الأخرى ، على ماء متكثف عن طريق مبرد مملوء بماء حتى مستوى معين ، تم تحديده مسبقاً (فوق الزئبق) . وبفرض أن الوزن النوعى للزئبق هو γ_g وللماء المتكثف هو γ في نفس الوقت ، تنتج العلاقة $\gamma_g h_g = (h_g+h)$. وعلى ذلك ، يمكن معرفة h بقياس h_g . وفي الحقيقة ، كثيراً ماتتم القياسات باستخدام محول طاقة بالضغط الفرقي (التفاضلي)أو محول فرقي(تفاضلي) .



الشكل ٥ - ١١ مبين مستوى السائل ذو العوامة



الشكل ٥-١٢ مبيــن مستوى السائـــل بالضغط

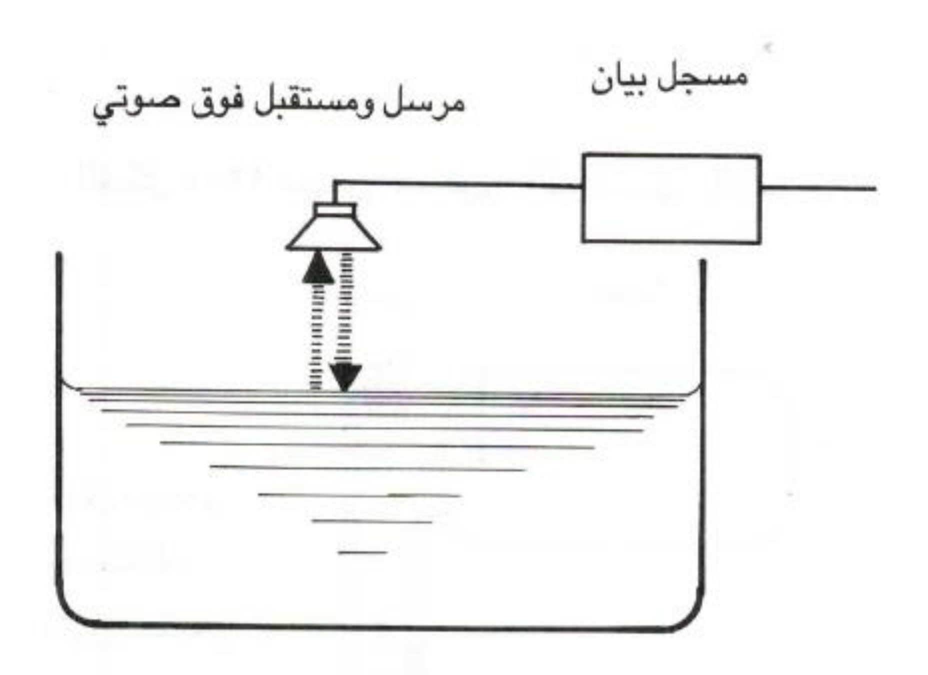


الشكل ٥-١٣ مبين مستوى السائل بالضغط الفرقي(التفاضلي)

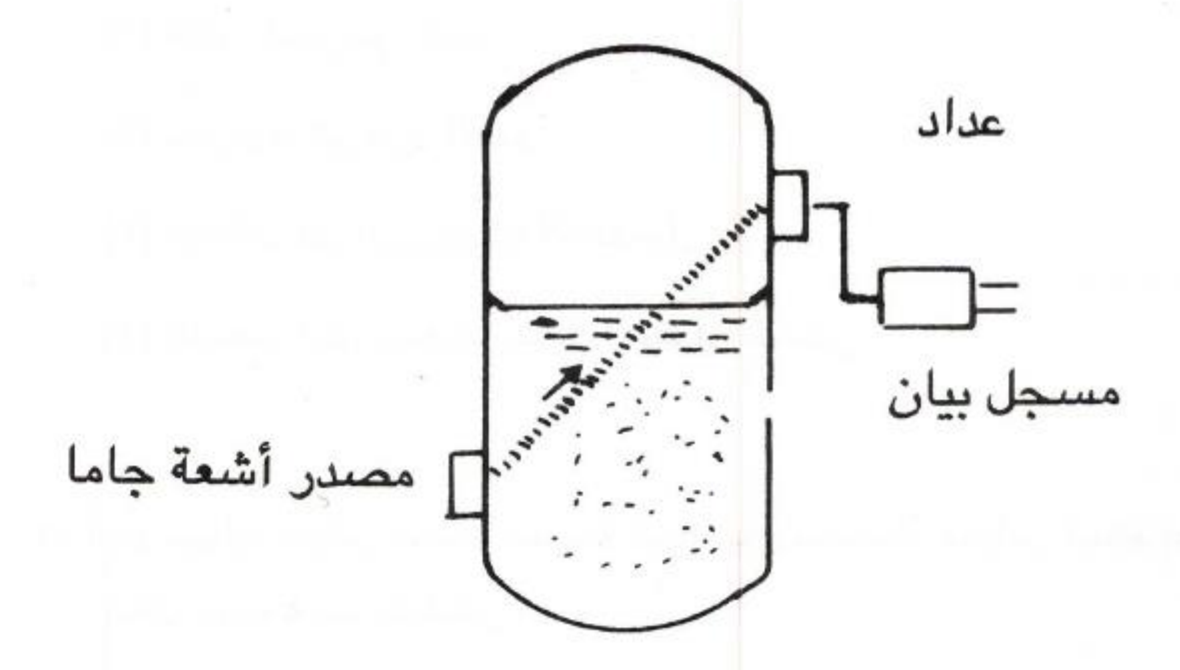
٥ – ٣ – ٣ مبينات أخرى لمستوى السائل

يمكن قياس ارتفاعات مستوى السائل باستخدام مرسل / مستقبل فوق صوتي كما يظهر في الشكل ٥–١٤. وتستخدم هذه الطريقة لكشف أسطح المساحيق والحبيبات .

ويبين الشكل ٥–١٥، طريقة بث شعاع إشعاعي ذي نفاذية قوية، مثل أشعة جاما ، من الخارج .وتتناسب إشارة دخل الكاشف مع تغييرات مستوى السائل، وبذلك يمكن تحديد ارتفاع مستوى السائل. وتستخدم هذه الطريقة في حالة تعذر وضع عنصر القياس في الخزان بسبب درجة الحرارة العالية أو لأسباب أخرى .



الشكل ٥–١٤ مبين مستوى السائل فوق الصوتي Ultrasonic



الشكل ٥–١٥ مبين مستوى السائل بشعاع إشعاعي Radiation ray

تمـــــرينات

١ – اذكر مقياس الضغط الأكثر مناسبة لقياس الضغط في كل حالة من الحالات الآتية:

(١) الغاز المنزلي في المدينة .

(٢) دفع هواء إلى فرن الصهر .

(٣) آلية التشغيل الهيدروليكية لآلة تشغيل .

(٤) الضغط داخل اسطوانة محرك الاحتراق الداخلي .

٢– اذكر جهازا لقياس الضغط بطريقة كهربائية باستخدام مقياس ضغط بعمود سائل، وبينه برسم تخطيطي .

٣– إذا كان الضغط الفرقي قبل وبعد مقياس الانسياب هو $p_1 - p_2 = 50$ مم ماء (H_2O) ، عندما كانت $A = 30$ سم٢ و $\alpha = 0.98$ في أنبوبة فنتورى .فما هو الانسياب ؟

(الإجابة: 2.9×10^3 سم٣/ث)

٤ – إذا كان ضغط الهواء في مبيّن مستوى السائل بالضغط ، في الشكل ٥–١٢، هو 530 مم ماء (H_2O) على مقياس الضغط ، وبفرض أن الوزن النوعي للسائل في الخزان هو 0.8 ، فمـــا هو ارتفاع مستوى السائل ؟

(الإجابة : 66.3 سم) .

٥– بأي طريقة يتم بيان مقدار البنزين في خزان وقود السيارة على العداد (الموجود) أمام كرسي السائق ؟

٦– ما هى الطريقة التي يوصي بها لقياس مستويات السوائل الآتية :

(١) مستوى السائل في خزان محكم .

(٢) القياس عن بعد لمستوى مياه سد.

هوامش

(١) تنقسم مقاييس الضغط إلى مقاييس ضغط (أعلي من الضغط الجوى)، ومقاييس تفريغ (أقل من الضغط الجوى) ومقاييس ضغط مركبة (تؤدى وظائف كل من مقاييس الضغط والتفريغ). ومقاييس الضغوط التي تتراوح (تتماوج) في زمن قصير داخل اسطوانات محركات الاحتراق الداخلي تسمى مبينّات ضغط وتختلف عن مقاييس الضغط .

الفصل السادس

استخدام أجهزة قياس درجة الحرارة والرطوبة
INSTRUMENTATION OF TEMPERATURE AND HUMIDITY

٦ – ١ استخدام أجهزة قياس درجة الحرارة

درجة الحرارة هي الكمية التي تبيّن عددياً درجة البرودة أو الدفء، ويعبر عنها بدرجة الحرارة الثرموديناميه أو المئوية .

٦–١–١ مقياس درجة الحرارة Temperature Scale

يستخدم مقياس درجة الحرارة الثرموديناميي المبني على أساس قانون التمدد الحراري للغاز المثالي كوحدة رئيسية لمقياس درجة الحرارة .

* ويعبر عن وحدة درجات الحرارة في مقياس درجة الحرارة الثرموديناميي بـ كلفن (رمزها :K). وتستخدم الدرجة 273.16 كلفن كنقطة ثلاثية للماء (١).

وبشكل عام ، يستخدم مقياس درجة الحرارة المئوية (رمزها : ^{O} م) للتعبير عن درجة الحرارة . ويستعمل هذا المقياس نقطة التجمد صفر ^{O} م ونقطة الغليان 100^{O}م للماء . وترتبط درجة الحرارة المئوية t ^{O} م ودرجة الحرارة الكلفنية T (كلفن) بالعلاقة :

$$t\,(^{O}C) = T\,(K) - 273.16 \qquad (6\text{-}1)$$

ومقياس درجة الحرارة الثرموديناميي عبارة عن مقياس رئيسي نظري . غير أنه ليس مناسباً في الاستخدام ، ولذا يستخدم مقياس درجة الحرارة العملي الدولي ،الذى تم

ضبطه ليتطابق مع المقياس المئوي لدرجة الحرارة. ولقد وضع مقياس درجة الحرارة العملى الدولى باستخدام بيان أجهزة القياس التي تم ضبط مقاييسها على أساس درجات حرارة حالات المواد التي يمكن إعادة إنتاجها بسهولة (بتعريف النقطة الثابتة) ، كماهو موضح في الجدول ٦-١.

٦-١-٢ أنواع ومدى القياس للترمومترات

Types and Measuring Ranges of Thermometer

تنقسم الترمومترات ، بشكل تقريبي ، تبعاً لطريقة القياس إلى طريقة التلامس ، وفيها يتم القياس بالتلامس المباشر مع الجسم، وطريقة عدم التلامس ، وفيها يتم القياس من مكان بعيد .ويلخص الجدول ٦-٢، أنواع ونطاقات العمل وخصائص الترمومترات التي تستخدم حاليا في الصناعة .

٦- ١ - ٣ الترمومتر المعدنى Metallic Thermometer

للترمومترات المعدنية تركيب بسيط وقوة دفع كبيرة وهي قوية . ويمكن لبعضها أن يعمل ليس فقط كمؤشر وقلم تسجيل ، ولكن كمنظم لدرجة الحرارة أيضاً. غير أن الترمومترات المعدنية لا تستطيع أن تقيس التغيرات الصغيرة في درجات الحرارة أو درجات الحرارة العالية (أكبر من 600^{o}م).

الترمومتر ثنائي المعدن : الثنائي المعدني عبارة عن رقيقة من لوحين من نوعين مختلفين من المعادن،تختلف معاملات تمددها . ويستخدم الثنائى المعدني في الترمومترات ، كما يستخدم أيضاً في مفاتيح التحكم في درجات الحرارة كمنظمات حرارة (ثرموستات) وفي أجهزة أخرى . (أنظر الشكل رقم ٦ - ١)

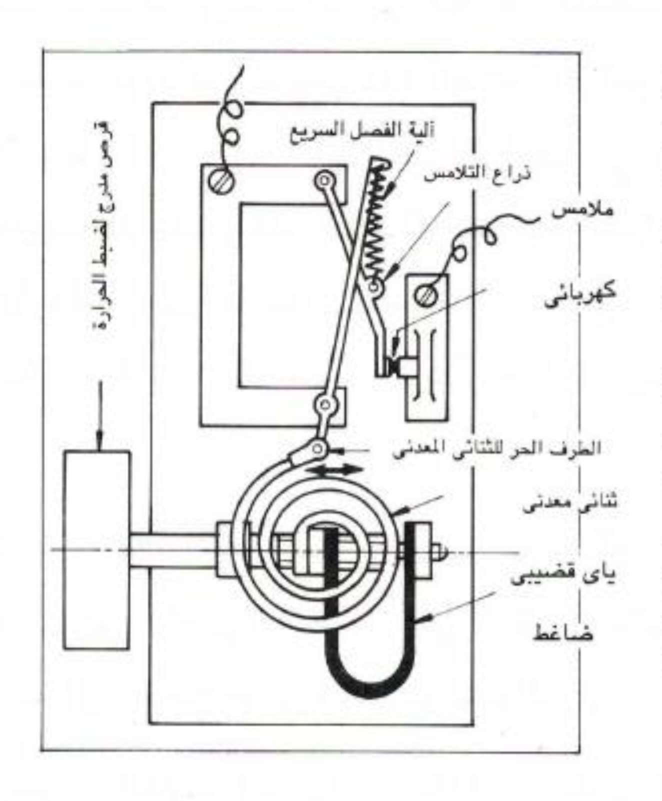
ثابت الإتزان	درجة الحرارة (ْم)
النقطة الثلاثية للإتزان للهيدروچين	- 259.340
نقطة غليان الإتزان للهيدروچين 25/76 جوي	- 256.108
نقطة غليان الإتزان للهيدروچين *	- 252.870
نقطة غليان النيون *	- 246.048
النقطة الثلاثية للأكسچين	- 218.789
نقطة غليان الأكسچين	- 182.962
النقطة الثلاثية للماء	0.010
نقطة غليان الماء * ، **	100.000
نقطة تجمد الزنك	419.580
نقطة تجمد الفضة	961.930
نقطة تجمد الذهب	1064.430

* حالة الإتزان عند الضغط الجوي القياسي 101325 نيوتن/م٢ .
** نقطة تجمد القصدير 231.9681ْ م ممكنة بدلاً من الماء .

جدول ٦-١ تعريف النقطة الثابتة

طريقة القياس	مبدأ القياس	النوع			مدى القياس [°م]	الخصائص
طريقة التلامس	إستخدام التمدد الحراري ، وتغير الضغط	ترمومتر من نوع سائل في زجاج		سائل عضوي	- 100 ~ 100	رخيص وسهل الإستخدام – سهل الكسر –تركيبه بسيط – دقة عالية
				زئبق	- 35 ~ 360 (عادي)	
		ترمومتر معدني		ثنائي معدني	- 50 ~ 500	رخيص – للتحكم البسيط في درجة الحرارة
				مائع تحت ضغط	- 30 ~ 500 (زئبق)	رخيص – للتسجيل المستمر والتحكم الأوتوماتيكى
				ضغط البخار	- 30 ~ 200	
	إستخدام الظاهرة الحرارية الكهربائية	ترمومتر كهربائي	ترمومتر حراري كهربى	مزدوجة حرارية B	600 ~ 1700	للقياس في درجة حرارة عالية ، وفي حالة جزء صغير . للتحكم الأوتوماتيكى . الأشكال المعقدة . يحتاج إلى وصلة مرجعية .
				مزدوجة حرارية R	0 ~ 1600	
				مزدوجة حرارية S		
				مزدوجة حرارية K	- 200 ~ 1200	
				مزدوجة حرارية E	- 200 ~ 800	
				مزدوجة حرارية J	0 ~ 750	
				مزدوجة حرارية T	- 200 ~ 350	
	إستخدام التغير في المقاومة الكهربائية		ترمومتر المقاومة	مقاومة Pt لقياس الحرارة	- 200 ~ 600	دقة جيدة عند درجة الحرارة العادية . للتحكم الأوتوماتيكى . الوصلة المرجعية غير ضرورية . يلزم وجود مصدر قدرة . يغطي إستعمالات واسعة .
				مقاوم حرارى	- 50 ~ 300	
طريقة عدم التلامس	إستخدام حرارة الإشعاع	ترمومتر بالإشعاع الحراري		بيرومترضوئي	900 ~ 2 000	قياس مباشر لدرجة حرارة السطح الخارجي لجسم أسود ، فإذا لم يكن الجسم أسوداً ، يلزم عملية التعويض
				ترمومتر بالأشعة تحت الحمراء	0 ~ 3 000	

الجدول ٦ – ٢ الأنواع ومدى القياس للترمومترات



عندما ترتفع درجة الحرارة يتحرك الطرف الحر للثنائى المعدنى في اتجاه اليمين فيدفع التلامس الكهربائي . وبعد مسافة ما من الضغط ، يتحرك ذراع التلامس في اتجاه اليسار فجأة ويقطع التلامس . وعندما تنخفض درجة الحرارة ، يترك الطرف الحر للثنائي المعدني في اتجاه اليسار وتقفل الدائرة عن طريق الياي اللولبي . وعندما يدورالقرص المدرج لضبط درجة الحرارة ، يتحرك الطرف الثابت للثنائى المعدني في اتجاه اليمين واليسار ويتغير وضع فتح / قفل للملامس تبعا لدرجة الحرلرة . وبهذه الطريقة يمكن ضبط درجة حرارة مناسبة .

الشكل ٦–١ ثرموستات ثنائى المعدن Bimetal Thermostat

٦–١–٤ الترمومتر الكهربائي Electric Thermometer

[١] الترمومترالحراري الكهربائي Thermoelectric Thermometer

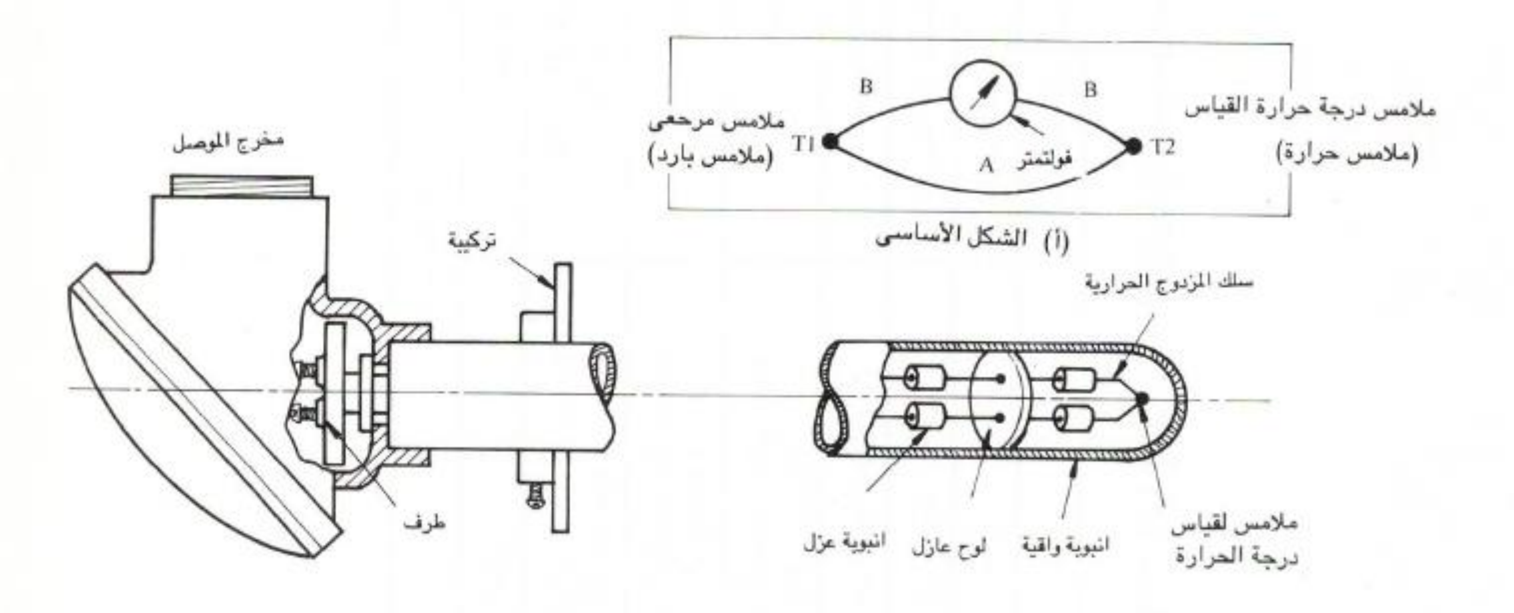
يقيس الترمومتر الحرارى الكهربائي درجة الحرارة باستخدام القوة الدافعة الحرارية الكهربائية التي تتولد في مزدوجة حرارية . والمزدوجة الحرارية عبارة عن اتحاد معدنين مختلفين لتوليد قوة دافعة حرارية كهربائية. وكما يظهر في الشكل ٦–٢(أ) ،تكوّن دائرة واحدة مقفلة باستخدام أسلاك معدنية من معدنين مختلفين **B, A** من 104 نوع من المعادن .

ونتيجة اختلاف درجات الحرارة للجزءين المتصلين $(t_2 > t_1)$ ، تتولد قوة دافعة كهربائية وتسبب مرور تيار.تسمى هذه الظاهرة التأثير الحراري الكهربائي أو تأثير سيبك Seebeck .والقوة الدافعة الكهربائية الناتجة في هذا الوقت تسمى القوة الحرارية الكهربائية. ويتحدد مقدار هذه القوة الدافعة تبعاً لأنواع المعدنين المستخدمين والفرق في درجة الحرارة للجزءين المتصلين. والجزآن المتصلان، ، يسمى أحدهما الوصلة المرجعية (وصلة باردة) ، والجزء الآخر لقياس درجة الحرارة ، يسمى وصلة قياس الحرارة (الوصلة الساخنة) .

وبشكل عام، فللمزدوجة الحرارية أنابيب عازلة تثبت داخل أنابيب حماية معدنية أو غير معدنية كما في الشكل ٦-٢(ب) . وفي الوقت الحالى ، تحدد الـ JIS سبعة أنواع كمزدوجات حرارية تستخدم في قياس درجات الحرارة ، كما في الجدول ٦-٣ .

[٢] الترمومتر ذو المقاومة Resistance Thermometer

تتغير المقاومة الكهربائية للأسلاك المعدنية أو أشباه الموصلات تبعاً لتغيرات درجة الحرارة . ويقيس الترمومتر ذو المقاومة درجة الحرارة باستخدام تغيرات المقاومة .



(ب) الرسم التخطيطي للمزدوجة الحرارية

الشكل ٦-٢ المزدوجة الحرارية Thermocouple

الرمز	الرمز السابق	المادة		حدود الإستخدام (°م)	
		الجانب +	الجانب -	عادي	تسخين زائد
B	—	سبيكة من البلاتين والروديوم (30٪ روديوم)	سبيكة من البلاتين والروديوم (6٪ روديوم)	1500	1700
R		سبيكة من البلاتين والروديوم (13٪ روديوم)	بلاتين	1400	1600
S		سبيكة من البلاتين والروديوم (10٪ روديوم)	بلاتين		
K	CA	سبيكة من النيكل والكروم	سبيكة من النيكل	650 ~ 1000	850 ~ 1200
E	CRC	سبيكة من النيكل والكروم	سبيكة من النحاس والنيكل	450 ~ 700	500 ~ 800
J	IC	حديد	سبيكة من النحاس والنيكل	400 ~ 600	500 ~ 750
T	CC	نحاس	سبيكة من النحاس والنيكل	200 ~ 300	250 ~ 350

(ارجع الى JIS C 1602-1981)

الجدول ٦-٣ أنواع المزدوجة الحرارية (حسب مواصفات JIS)

(أ) الترمومتر ذو المقاومة البلاتينية

Platinum Resistance Thermometer Bulb

تتغير قيم المقاومة الكهربائية لأسلاك البلاتين تغيراً خطياً مع تغيرات درجة الحرارة، وهي ذات حساسية عالية . ولذلك،تكون أسلاك البلاتين مناسبة للقياسات الدقيقة لدرجة الحرارة. وقطر السلك يساوى 0.05 مم تقريبًا . وتوضع الترمومترات ذات المقاومة داخل حاوية معزولة أو انبوبة حماية ، لوقايتها من التآكل والانفعالات الحرارية الخارجية مثل المزدوجات الحرارية .

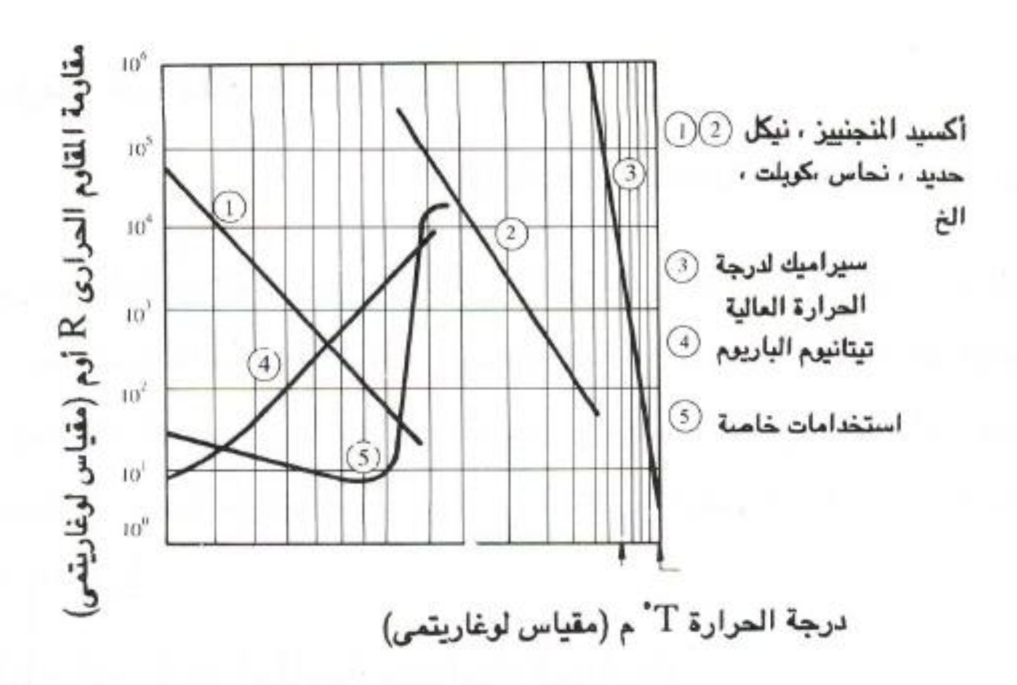
(ب) المقاوم الحراري (مقاومة حساسة للحرارة)

Thermistor (Thermal Sensetive Resistor)

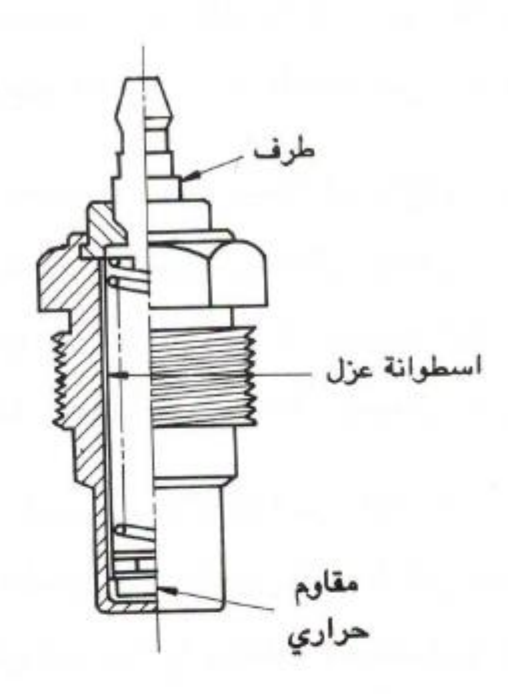
عبارة عن بصيلة ترمومتر ذي مقاومة شبه موصلة، وهو عبارة عن أكسيد معدني متلبد مثبت عليه قطب .ويبين الشكل ٦-٣، الخصائص النموذجية للمقاوم الحراري .

وللمقاوم الحراري حساسية عالية ويمكن أن يُنْتَج بكميات كبيرة بعمليات التلبيد .وهي منخفضة التكاليف . ويمكن أن ينتج بأي شكل، ويمكن أن يوضع بعضها في أنبوبة ذات قطر 1 مم . وبالمقارنة مع الترمومترات ذات المقاومة البلاتينية ، فإن السعة الحرارية لها صغيرة واستجابتها جيدة. ويبين الشكل ٦-٤، ترمومتر مائى للآلات الحرارية .

ويستخدم العنصر المبين في البند (٥) من الخصائص المعروضة في الشكل ٦-٣، في مكيفات الهواء كمفتاح تشغيل (قدرة) دون الحاجة إلى مفتاح تحكم خاص. بالإضافة إلي ذلك ، فقد تم تطوير مقاومات حرارية مختلفة لاستخدامها في الأجهزة الكهربائية المنزلية ، وتستخدم بكثرة كعناصر لقياس درجة الحرارة تبعاً لنوع التطبيق .



الشكل ٦ – ٣ الخصائص النموذجية للمقاومات الحرارية



الشكل ٦ – ٤ الترمومتر المائى للآلات الحرارية

٦ – ١ – ٥ ترمومتر الإشعاع الحرارى

Thermal Radiation Thermometer

تبث الأجسام طاقة إشعاعية ذات أطوال موجية مختلفة. وتسمى هذه الظاهرة ، الإشعاع الحراري . ويقيس ترمومتر الإشعاع الحرارى درجة حرارة الجسم باستخدام العلاقة الثابتة بين شدة الإشعاع الحرارى ودرجة حرارة الأجسام (قانون بلانكPlanck's Law) .

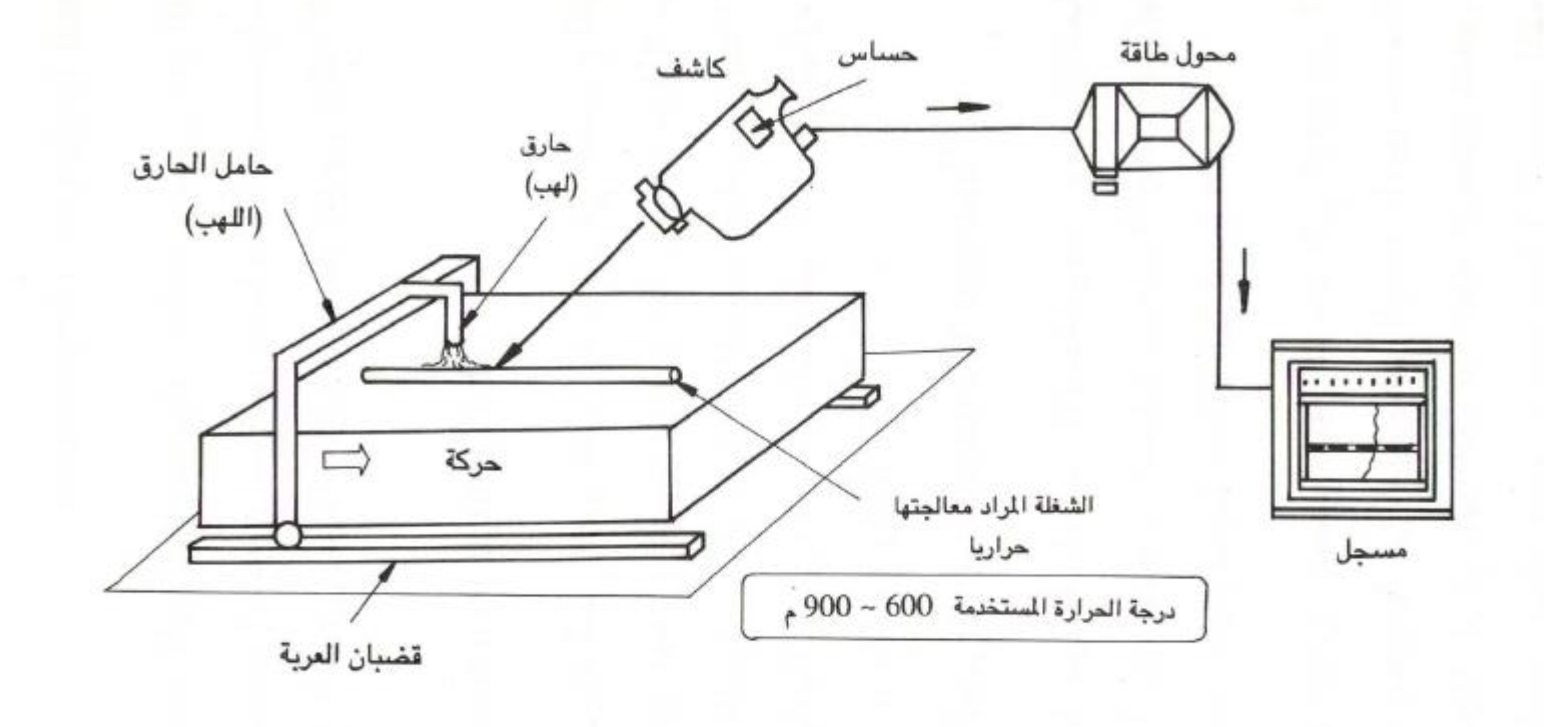
[١] البيرومتر الضوئى The Optical Pyrometer

يقيس البيرومتر الضوئي درجة الحرارة من التيار الذي يمر في المصباح الكهربائى للبيرومتر الضوئي عندما يتساوى نصوع الجسم المطلوب قياس درجة حرارته مع فتيلة مصباح البيرومتر . والبيرومتر الضوئي جهاز سهل في الحمل والقياس . ولهذه الأسباب تستخدم البيرومترات الضوئية بكثرة في الأغراض الصناعية. غير أن المهارة مطلوبة لتشغيلها، كما أنه لا يمكن قياس درجات حرارة أقل من 700^{o} م.

[٢] ترمومتر الأشعة تحت الحمراء Infrared Thermometer

للأشعة تحت الحمراء أطوال موجية أطول من الأشعة المرئية . وهذه الأشعة ليست مرئية للعين البشرية ، ولكن جزءاً منها نشعر به كحرارة. وجميع الأجسام التي لها درجة حرارة تبث أشعة تحت الحمراء ذات أطوال موجية مختلفة تبعاً لدرجة الحرارة.

ويقوم ترمومتر الأشعة تحت الحمراء بتجميع طاقة الانبعاث التي تنبعث من الأجسام باستخدام عدسة أو مرآة كروية، وتحويلها إلى كميات كهربائية عن طريق مزدوجة حرارية أو مقاوم حراري أو خلية كهروضوئية أو أي جهاز آخر من أشباه الموصلات لقياس درجات الحرارة . وتتم القياسات دون تلامس. ويمكن قياس درجات حرارة الأجسام المتحركة أو ذات درجة الحرارة العالية عن بعد. ويبين الشكل ٦–٥ ، قياس درجة إخماد لهب .



الشكل ٦ – ٥ قياس درجة حرارة اخماد لهب

٦-١ – ٦ استخدام أجهزة قياس درجات الحرارة لعمل مخطط حراري

Pattern Instrumentation of Temperature

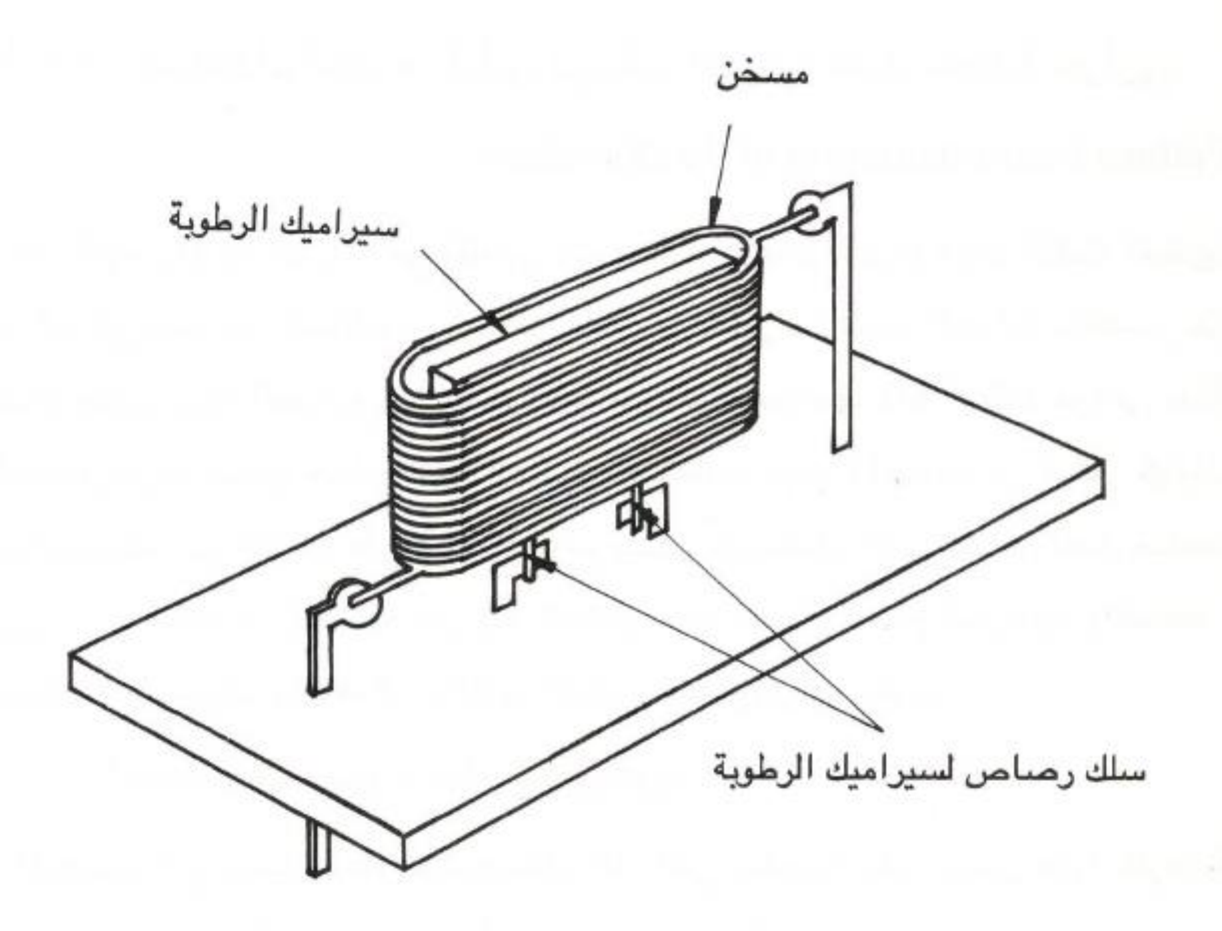
كان قياس درجة الحرارة في الماضى يتم بقياس درجات الحرارة عند النقطة المطلوبة . غير أنه في عديد من الحالات ، يكون من المفيد أن نعبر عن درجة الحرارة بالتعبير عن الامتداد لبيان درجة الحرارة ،إذا كانت الأجسام المراد قياسها ذات امتداد فراغى ،مثل حالة قياس درجة حرارة جدار الفرن العالى. واستخدام أجهزة القياس في قياس كميات فراغية مختلفة، مع التأكيد على شكل التوزيع يسمى استخدام آلات القياس لعمل مخطط حراري . أما الكميات النظامية التي يتم التعامل معها فهي الإشعاع الحرارى، والضغط ، والانسياب ، والإجهاد، والانفعال، والمظهر الجانبى للسطح وبنود أخرى .

٦-٢ استخدام أجهزة قياس الرطوبة

الرطوبة هي معيار لبيان كمية بخار الماء التي يحتويها غاز، ويعبر عنها بالرطوبة المطلقة (الوحدة : جم/م٣) والرطوبة النسبية (الوحدة :٪) .

وتشمل طرق قياس الرطوبة، استخدام الهيجرومتر (جهاز قياس الرطوبة النسبية في الجو) ، والترمومتر ذا البصيلة المبللة والجافة ،وجهاز قياس نقطة الندى ، وعنصر المقاومة الكهربائية . وحديثا ،زادت الطلبات على استخدام أجهزة القياس والتحكم بالنسبة للرطوبة مع درجات الحرارة في المصانع ، والتكييف داخل المنازل ، وصناعة الأغذية والتخزين ومجالات أخرى .

ويبين الشكل ٦-٦، جهاز حساس للرطوبة ، يستخدم مادة شبه موصلة تتغير قيمة مقاومتها الكهربائية وفقا للرطوبة. فيتم طحن أكسيد معدنى سيراميكي وأكسيد التيتانيوم إلى مساحيق، وتلبد عند درجات حرارة عالية. ويتم عمل عدد كبير من الثقوب الصغيرة بقطر 1 ميكرومتر تقريبا. وبهذا يتم تكبير مساحة السطح لتحسين الحساسية للرطوبة .



الشكل ٦-٦ جهاز حساس للرطوبة Moisture Sensitive Device

وتقسم الهيجرومترات إلى نوعين : النوع الأول يستطيع قياس تغيرات الرطوبة النسبية في مدى واسع نسبيا. والثانى ، يستطيع القياس في مدى ضيق، حسب الاختلاف في مكونات الجهاز الحساس بالرطوبة. وعادة ، تستجيب المقاييس في حوالى 20 ثانية إذا تغيرت الرطوبة النسبية من 0% إلى 50% أو من 100% إلى 50% . ويتم تسخين المسخن الذي يحيط بالجهاز الحساس بالرطوبة أوتوماتيكياً إلى 400^{o} م ، عند انخفاض الحساسية ،وذلك للتخلص من البقع المتعلقة بسطح الجهاز. وبذلك يتم استعادة قدرة الإحساس بالرطوبة للجهاز إلى حالتها الأولى .

٦-٣ استخدام أجهزة قياس الغازات Instrumentation of Gases

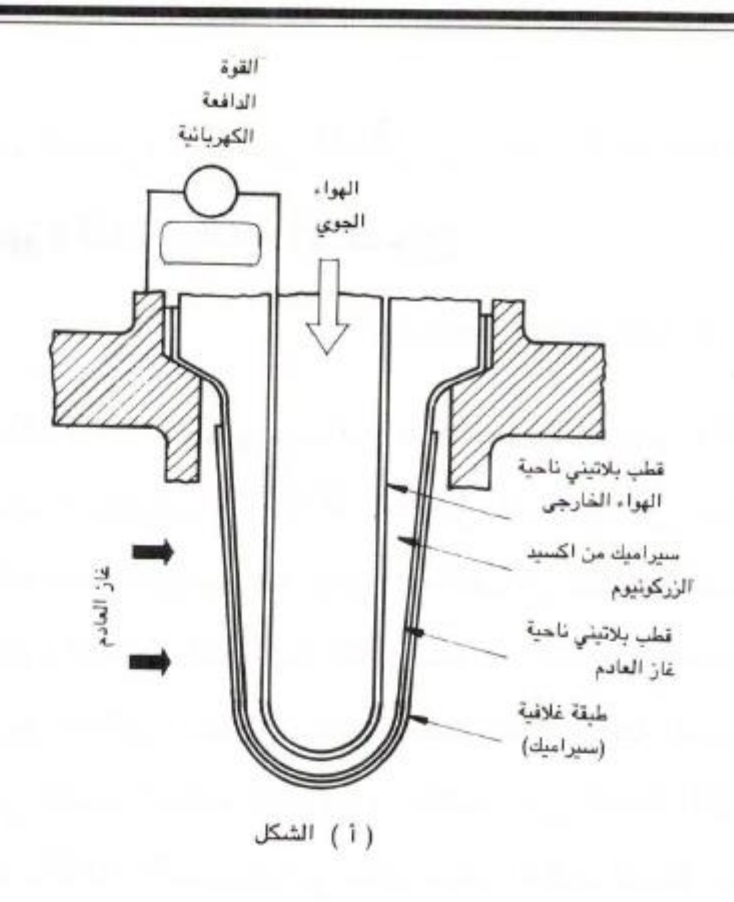
[١] استخدام أجهزة قياس كثافة الأكسجين

Instrumentation of Oxygen Density

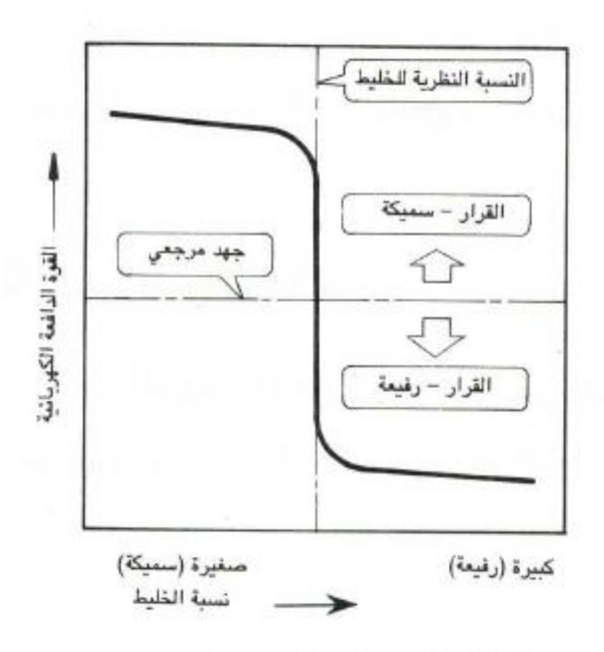
كما يبدو في الشكل ٦-٧ ، يحتوي حساس Sensor الأكسجين O_2 على شبه موصل سيراميكي من أكسيد الزركونيوم ZrO_2 ، مغطى بالبلاتين على جانبيه.ويولد عنصر أكسيد الزركونيوم قوة دافعة كهربائية عند وجود اختلاف في كثافة الأكسجين على جانبيه . وأحد خصائصه أن القوة الدافعة الكهربائية تتغير بسرعة، فتتعدى نسبة الخلط النظرية(٢) للهواء والوقود عن طريق التأثير المحفز للبلاتين عندما تكون درجة الحرارة عالية. ويوضع حساس الأكسجين في أنابيب العادم للسيارات للكشف عن كثافة الأكسجين في غازات العادم، وتعاد إشارات كثافة الأكسجين إلى نظام حقن الوقود لتجعل مقدار الهواء الذي يسحب إلى المحرك مثالياً. وبالتحكم المناسب في نسبة خلط الهواء والوقود ، يمكن تقليل كل من الهيدروكربون ، وأول اكسيد الكربون ، وأكاسيد النتروجين التي تحتويها العوادم

[٢] استخدام أجهزة لقياس الغازات الأخرى

تعتبر عملية الكشف عن غاز البروبين والغازات الأخرى في المدن من العمليات الهامة من ناحية السلامة . وقد تم تطوير واستخدام الأجهزة المختلفة ذات المقاومة الكهربائية ،التي تتأثر بهذه الغازات .



(أ) الشكل



(ب) العلاقة بين القوة الدافعة الكهربائية
ونسبة الخليط

الشكل ٦–٧ حساس الأكسجين O_2

تمــرينات

١- اكتب قيمة 18.00^{o} م بالكلفـن .

(الإجابة : 291.15 كلفن)

٢- اشرح النقطة الثلاثية للماء واكتبها بالتقدير المئوى .

(الإجابة : 0.01^{o} م)

٣- اذكر كيفية قياس درجة الحرارة أو الرطوبة في الأجهزة الكهربائية المنزلية حولك .

المراجـع

جدول تحويل الوحدة الرئيسية لوحدات SI

القوة		نيوتن (N)	كجم قوة (kgf)
		9.806 65	1
		1	$1.0^{1}\,972 \times 10^{-1}$

الإجهاد	باسكال (Pa)	ميجا باسكال أو نيوتن/مم٢ (MPa or N/mm²)	كجم قوة /مم٢ (kgf/mm²)
	9.80665×10^{6}	9.806 65	1
	1×10^{6}	1	1.01972×10^{-1}
	1	1×10^{-6}	1.01972×10^{-7}

الضغط	باسكال (Pa)	مم زئبق (mmHg)	ضغط جوي (atm)	كجم قوة / مم٢ (kgf/cm²)
	9.80665×10^{4}	$7.355\,59 \times 10^{2}$	9.67841×10^{-1}	1
	1.01325×10^{5}	$7.600\,00 \times 10^{2}$	1	1.033 23
	1.33322×10^{2}	1	$1.315\,79 \times 10^{-3}$	1.035951×10^{-3}
	1	$7.500\,62 \times 10^{-3}$	$9.869\,23 \times 10^{-6}$	1.01972×10^{-5}

الشغل الطاقة القيمة الحرارية	جول (J)	كيلو سعر (kcal)	كجم قوة.م (kgf.m)
	9.806 65	$2.342\,70 \times 10^{-3}$	1
	$4.186\,05 \times 10^{3}$	1	$4.268\,58 \times 10^{2}$
	1	$2.388\,89 \times 10^{-4}$	$1.019\,72 \times 10^{-1}$

القـدرة	كيلو وات (KW)	قدرة حصانية (مترية) (PS)	كجم قوة. م/ث (kgf.m / s)
	$9.806\,65 \times 10^{-3}$	$1.333\,33 \times 10^{-2}$	1
	7.355×10^{-1}	1	7.5×10
	1	1.359 62	$1.019\,72 \times 10^{2}$

هوامـــش

(١) توجد درجة حرارة متزنة للثلج ، والماء ، وبخار الماء في وقت واحد ، وهي أعلى من نقطة التجمد بـ 0.01° م .

(٢) تتحدد نسبة كتلة الهواء والوقود عند الإمداد بالوقود والهواء بحيث يتم تركيبهما بدرجة مناسبة نظرياً .

الفصل السابع

التحكم الأوتوماتيكي
AUTOMATIC CONTROL

٧ –١ الأتمتة والتحكم الأوتوماتيكي

بدأت الجهود لتشغيل الآلات والمعدات بدون أيدى الإنسان ، ثم تقدمت هذه الجهود إلى الأوتوماتيكية الكاملة ، باستخدام أجهزة القياس وتقنية التحكم . ويمكن أن ينقسم التحكم الأوتوماتيكي، بشكل تقريبي إلى «التحكم المتتابع» (١) ، «والتحكم بالتغذية المرتدة»(٢). وعند تصنيف تقنية التحكم على أساس معلومات الدخل / الخرج أو عن طريق أية وسائل أخرى، نجد أن التحكم بالإشارات الرقمية(٣) قد انتشر استخدامه ، وكذلك تم استعمال الحاسبات .

٧–١–١ تاريخ الأتمتة History of Automation

منذ حوالي قرن أو قرنين قبل الميلاد ، تمت التوصية باعتبار أبواب الأماكن المقدسة أجهزة يجب أن تتحرك أوتوماتيكياً. وقد تم تطوير أجهزة أوتوماتيكية مختلفة أثناء فترة النهضة في القرنين الخامس عشر والسادس عشر . ولم تحدث هذه الأجهزة ثورة في طريقة الإنتاج .

وقد بدأت الثورة الصناعية – وكانت الثورة الرئيسية لنظام الإنتاج – بصناعة القطن في بريطانيا في منتصف القرن الثامن عشر ، وعجلت بالتطور في الصناعات الثقيلة لإنتاج الآلات عن طريق استخدام الآلات ، وانتشار الآلات البخارية ، ودفعت عملية التحول إلى الأوتوماتيكية في جميع وسائل الإنتاج .وفي سنة ١٧٨٤ ،اخترع جيمس وات منظم السرعة

للآلات البخارية . وفي سنة ١٧٩٠، تم بناء مشروع أوتوماتيكي يطحن الدقيق باستخدام ناقل ، بالرغم من أنه كان يدار بواسطة ساقية . وخلال هذا الوقت تقريباً، تم في فرنسا إنتاج آلة النسيج الجاكار - وكانت الكروت المثقبة تستخدم للتحكم في أنماط النسيج المعقدة .

وأصبحت فكرة الكروت المثقبة مصدرا للكروت المثقبة في الجيل الأول للحاسبات الالكترونية .

وفي القرن التاسع عشر ، تم التوصية باستخدام نظام الإنتاج الكمي لتعويض النقص في الفنيين المهرة في تصنيع المدافع في الولايات المتحدة، بسبب تحولهم تصنيع ماكينات الخياطة ، وأدوات الفلاحة والسيارات والمعدات الأخرى .

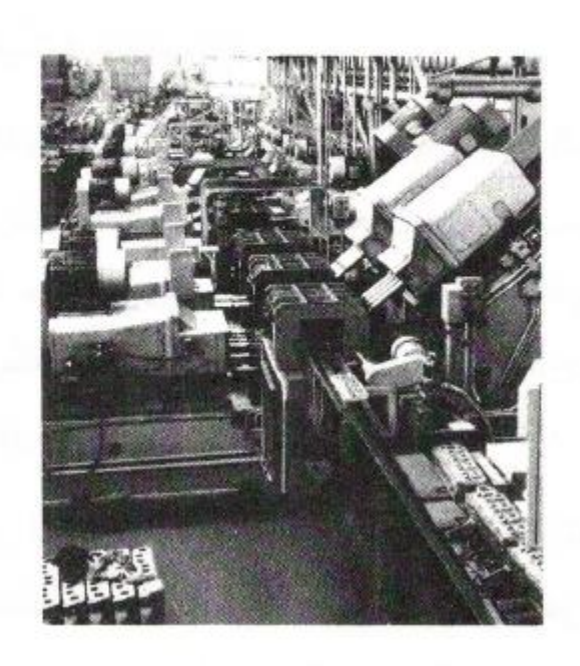
ومن تقنيات الإنتاج الكمي التي أظهرتها الحرب العالمية الثانية، وتقنية الأوتوماتيكية التي تلتها ، أنتجت مصانع فورد سنة ١٩٤٧ آلة نقل ، فأحدثت تأثيرات كبيرة على الصناعات المختلفة بعد الحرب .

ثم بدأت تسمية أنظمة الإنتاج الأوتوماتيكي المستمر، بواسطة آلات التشغيل التي تربط فيما بينها سيور ناقلة ، كما في آلة النقل في مصانع فورد ، بالأنظمة الأوتوماتيكية.

وفي اليابان ، بدأ تركيب أنظمة إنتاج جديدة، واحداً وراء الآخر، بدءاً من منتصف الخمسينات والستينات وذلك للإسراع في عملية التحول إلى الأوتوماتيكية واستمرارها.

وقد عجل ، حديثاً ، التقدم في المعدات الالكترونية من تطور التحكم العددى لآلات التشغيل (ارجع إلى الجزء ٧- الفصل العاشر).

وبضم معدات النقل الأوتوماتيكي ، وآلات التجميع الأوتوماتيكي ، ومستودعات المصانع التي تدار أوتوماتيكياً معها ، تم بناء مصانع تدار أوتوماتيكياً بالكامل، ويتم التحكم فيها بالحاسب ،(انظر الشكل ٧-٢).



الشكل ٧-١ مثال لآلة نقل



الشكل ٧-٢ مثال لمصنع يدار أوتوماتيكياً بالكامل

٧-١-٢ الأوتوماتيكية (الأتمته)

وتعني التشغيـل الأوتوماتيكي ، وتعرف على أنها تجعل العمليات في الإنتاج والمكاتب أوتوماتيكية ومستمـــرة لتحقيـــق التزاوج الفعال بين الآلات، والمواد والمعلومات والأفراد للحصول على إنتاجية عالية وفوائد اقتصادية. والهـدف الكبير للأوتوماتيكية هو تنظيم وإدارة النظام بالكامل بكفاءة، بما في ذلك تحويـل الآلات الفرديـــة والأجهزة في المصانع والمكاتب والمنازل إلى الأوتوماتيكية .

تحويل المصنع إلى الأوتوماتيكية (FA) : هو الإدارة والتحكم بكفاءة في كل أنظمة الإنتاج في المصانع، وذلك بالفهم الدقيق للمعلومات المختلفة عن العمليات المختلفة بدءاً من تخطيط المنتجات التي يوجد عليها طلبات ، إلى تشغيل وتجميع الأجزاء وشحن المنتجات. والتحول الأوتوماتيكي للمصانع (FA) يمكن أن ينقسم كما يلى :

(١) التحول الأوتوماتيكي الميكانيكى

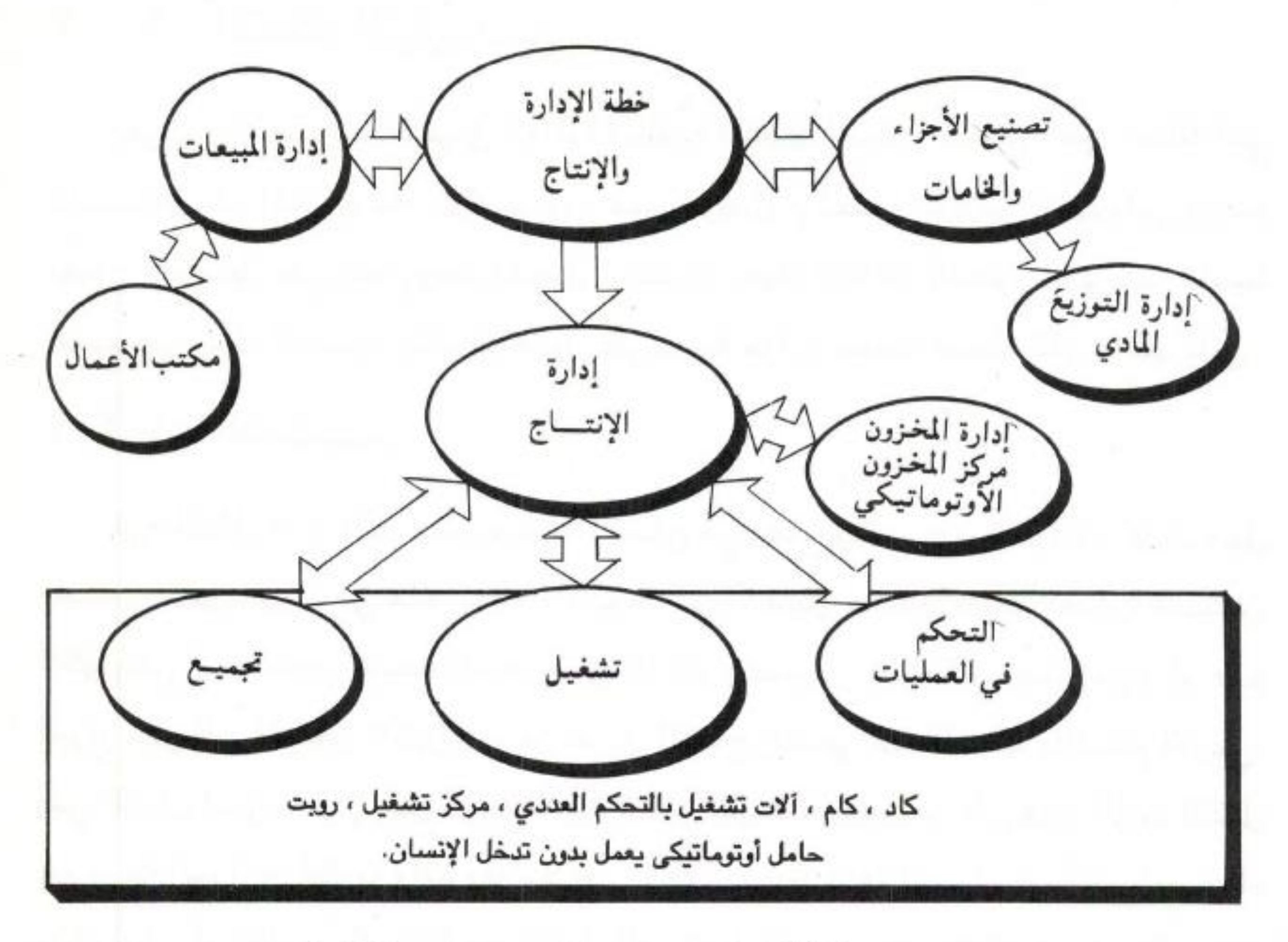
ويكون أساسا في صناعة الآلات مثل مصانع السيارات .

(٢) التحول الأوتوماتيكي للعمليات

صناعـــة المعدات ، مثل مصانع الصلب ، والكيمـاويات وتكـرير البتـــرول .

ويبين الشكل ٧-٣، مفهوم التحول الأوتوماتيكي للمصانع (FA) . ولقد أسهمت الحاسبات كثيراً في تشغيل الآلات الفردية والمعدات وأنظمة الإنتاج.

والتحـــول الأوتوماتيكي في المكاتب (OA) : يعنى نظم المعلومات لتبادل المعلومات المختلفة بسهولة مثل الأصوات ، والبيانات والوثائق ، والرسومات والصور ،وذلك بتوصيل المكاتب الرئيسية والأفرع والأماكن الأخرى بواسطة خطوط اتصالات متقدمة ، وذلك لإدارة الشركات بدقة، ورفع كفاءة المكاتب ، وتوفير العمالة . وهذه الأنظمة تسمى تحول المكاتب إلى الأتمتة (OA).



CAD – (كاد) : إختصار للتصميم بإستخدام الحاسب
CAM – (كام) : إختصار للتصنيع بإستخدام الحاسب
مركز تشغيل : إرجع الى ص

الشكل ٧–٣ مفهوم التحول الأوتوماتيكي للمصانع

والتحول الأوتوماتيكي في المنزل (HA) : عبارة عن أنظمة إدارة المنزل بكفاءة ، وتوفير العمالة ، والمحافظة على بيئة المعيشة ، وتأمين ومنع الحوادث، وتبادل المعلومات مع المناطق الأخرى، وكل هذا يسمى التحول الأوتوماتيكي في المنزل (HA).

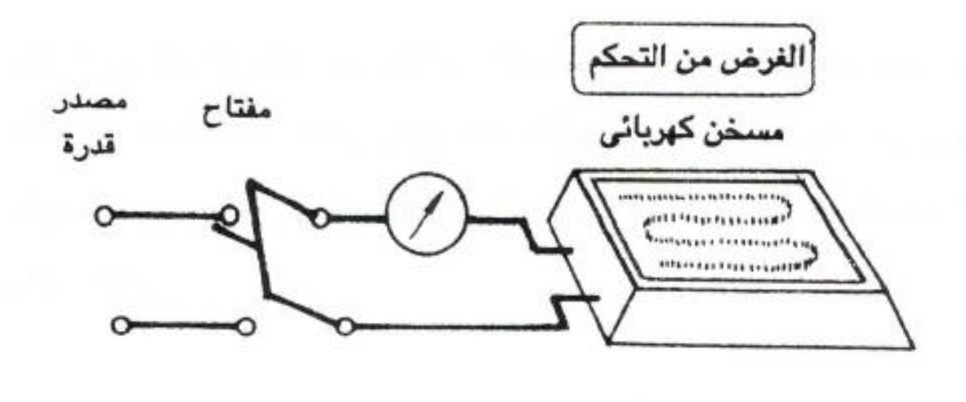
٧ – ٢ التحكم الأوتوماتيكي

يعرف " التحكم" بأنه تطبيق العملية المطلوبة لضبط الجهاز (النظام) على الحالة التي تناسب الهدف المطلوب منه . وكمثال : عملية وصل / فصل المسخن الكهربائي بوضع مفتاح التوصيل علي وضع وصل/فصل . وتحريك جهاز الإنزلاق للمحول الكهربائى لضبط الجهد على سلك المسخن، وذلك للحصول على درجة حرارة محددة مسبقاً للفرن الكهربائى .

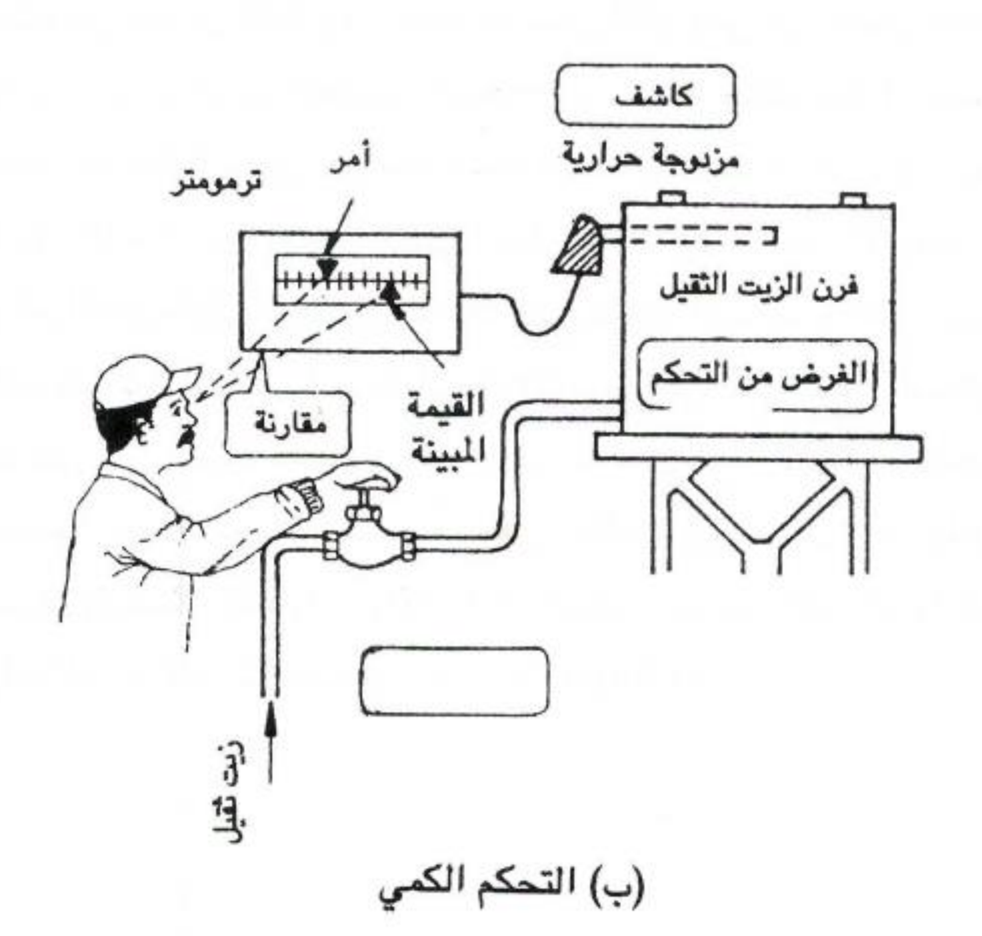
٧-٢-١ التحكم

في الشكل ٧-٤ (أ) ، يجب وضع المفتاح في وضع وصل on وقطعoff لتشغيل المسخن الكهربائى . وفي هذه الحالة ، لا يؤخذ في الاعتبار مستوى درجة الحرارة للمسخن الكهربائي أو مستوى القيمة السعرية. وهنا، تقوم عمليتان بالتحكم ،وهما إمرار أو عدم إمرار تيار إلى المسخن الكهربائي عن طريق المفتاح.ويسمى هذا التحكم بالتحكم النوعي. وفي الشكل (ب)، يقارن رجل درجة الحرارة التي يقرأها الترمومتر على فرن الزيت الثقيل مع درجة الحرارة المطلوبة والمعروفة مسبقاً ، ويقوم بضبط فتحة الصمام تبعاً للفرق بينهما، وذلك ليزيد أو يقلل من كمية الزيت الثقيل التي تدخل الفرن، حتى يتحكم في درجة حرارة فرن الزيت الثقيل. يسمى هذا التحكم بالتحكم الكمى .

والمعدة (الجهاز) التي يتم التحكم فيها هي الفرن الكهربائي وفرن الزيت الثقيل في الأشكال (أ) ، (ب) ، وتسمى ، بشكل عام، بالأنظمة التي يتم التحكم فيها أو الأنظمة المحكومة . وتسمى الكميات المادية للتحكم في الأغراض مثل التيار في المسخن الكهربائي في الشكل (أ)،ودرجة حرارة فرن الزيت الثقيل في الشكل (ب)، متغيرات يتم التحكم فيها ، وتسمى الأوامر التي تصدر لضبط المتغيرات التي يتم التحكم فيها، لتكون مساوية للحالات المطلوبة ، أوامر التحكم .



(أ) التحكم النوعي



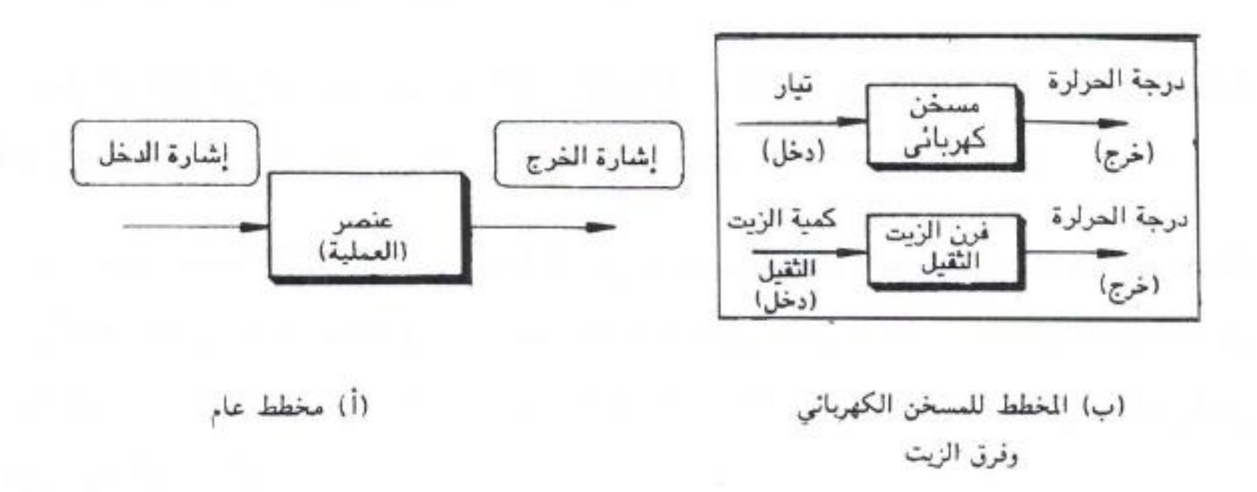
(ب) التحكم الكمي

الشكل ٧-٤ التحكم

والمتغيرات التي يتم التحكم فيها وأوامر التحكم هي كميات حقيقية مثل درجة الحرارة ، والتيار ، والجهد ، والإزاحة . ومن وجهة نظر التحكم ، يجب الانتباه إلى حجم الكميات، وإلى كيفية تغييرها، وليس إلى أنواع الكميات. ويسمى الاهتمام بحجم الكمية المادية وكيفية حدوث التغيرات «الإشارة» .

٧-٢- ٢ التحكم الأوتوماتيكي

التحكم في توصيل المفتاح أو فصله للمسخن الكهربائي في الشكل ٧-٤(أ)، والتحكم في درجة حرارة فرن الزيت الثقيل في الشكل (ب) ، يرتبط مباشرة بقرار وتشغيل الإنسان. ويسمى هذا بالتحكم اليدوي . وبالمقارنة مع هذا، فإن التحكم الذي يتم أوتوماتيكيا عن طريق أجهزة التحكم دون الاعتماد على القرار والتشغيل بواسطة الإنسان، يسمى بوجه عام التحكم الأوتوماتيكي. وتسمى الأنظمة التي تشمل المعدات والآلات ، وعناصر أخرى لتقوم بالتحكم الأوتوماتيكي، أنظمة التحكم الأوتوماتيكي. أما أنظمة التحكم الأتوماتيكي الفردية فتتكون من أجهزة قياس مختلفة ومعدات أخرى تبعاً للأنظمة والمتغيرات التي يتم التحكم فيها .وهذه المعدات تسمى عناصر . وكما في الشكل ٧-٥ ،يقوم كل عنصر باستقبال وإرسال إشارات. والإشارات الواردة تسمى إشارات داخلة (Input) ،والإشارات الصادرة تسمى إشارات خارجة (Output) .



(أ) مخطط عام

(ب) المخطط للمسخن الكهربائي وفرق الزيت

الشكل ٧-٥ المخطط الصندوقي Block Diagram

وتحاط العناصر الفردية في نظام التحكم الأوتوماتيكي بواسطة صناديق (هياكل مربعة)، وتبيَن الإشارات التي تمر بينها بأسهم . يسمى هذا الرسم التخطيطى بالرسم « المخطط الصندوقي » . وتستخدم الرسومات التخطيطية الوظيفية لتبين مكونات أنظمة التحكم الأوتوماتيكية .

وينقسم التحكم الأوتوماتيكي إلى أسلوبين . أحدهما هو «التحكم المتتابع» ، وهو يقوم بالتحكم تبعاً لتتابع تم ضبطه مسبقاً مثل التحكم في الغسالات الأوتوماتيكية والمصاعد . والآخر يسمى «التحكم ذو التغذية المرتدة» ، وهو يقوم بالتحكم لتقليل الفرق ، وذلك بمقارنة المتغيرات التي يتم التحكم فيها (درجة الحرارة)، نتيجة التشغيل والقيم المطلوبة ، كما في حالة التحكم في درجة حرارة، فرن الزيت الثقيل .

(١) التحكم المتتابع Sequential Control

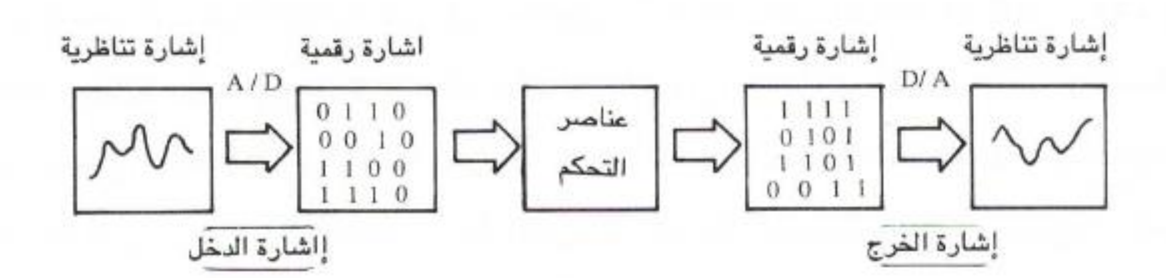
مثل آلات البيع الأوتوماتيكية ، والمصاعد الأوتوماتيكية والغسالات الأوتوماتيكية وآلات النقل ، وأنظمة التحكم في إشارات المرور - وغيرها .

(٢) التحكم ذو التغذية المرتدة Feedback Control

مثل التحكم في المظهر الجانبي لآلات التشغيل، والتحكم في درجة الحرارة ، والضغط، والانسياب، ومستوى السائل ، والبنود الأخرى في الغلايات والأفران ... الخ.

وتسمى أنظمة التحكم التي تتعامل مع متغيرات يتم التحكم فيها وأوامر تحكُم بإشارات تناظرية تحكم تناظري . وأنظمة التحكم التي تُدخل وتُخرج جميع المعلومات في صورة قيم عددية بعد تحويل الإشارات التناظرية إلى إشارات رقمية، تُسمى تحكم رقمى ،(انظر الشكل ٧-٦) .

وقد بدأ حديثا ، استخدام التحكم الرقمى بكثرة في التحكم المتتابع والتحكم ذو التغذية المرتدة أيضا .



الشكل ٧-٦ التحكم الرقمي Digital Control

تمـــــريـنات

١- اذكر أمـثلة مـحددة للتـحكم الأوتومـاتيكي، التـي يمكن أن تراها في المدارس والأمـاكن الأخرى .

٢- اذكر أمثلة للحاسبات المستخدمة في التحكم الأوتوماتيكي .

هوامــش

(١) ، (٢) ، (٣)، ارجع إلى الفقرة ٢- الجزء ٢ - الفصل السابع .

الفصل الثامن

التحكم المتتابع
SEQUENTIAL CONTROL

٨-١ نظام التحكم المتتابع ودائرة المرحل (Relay)

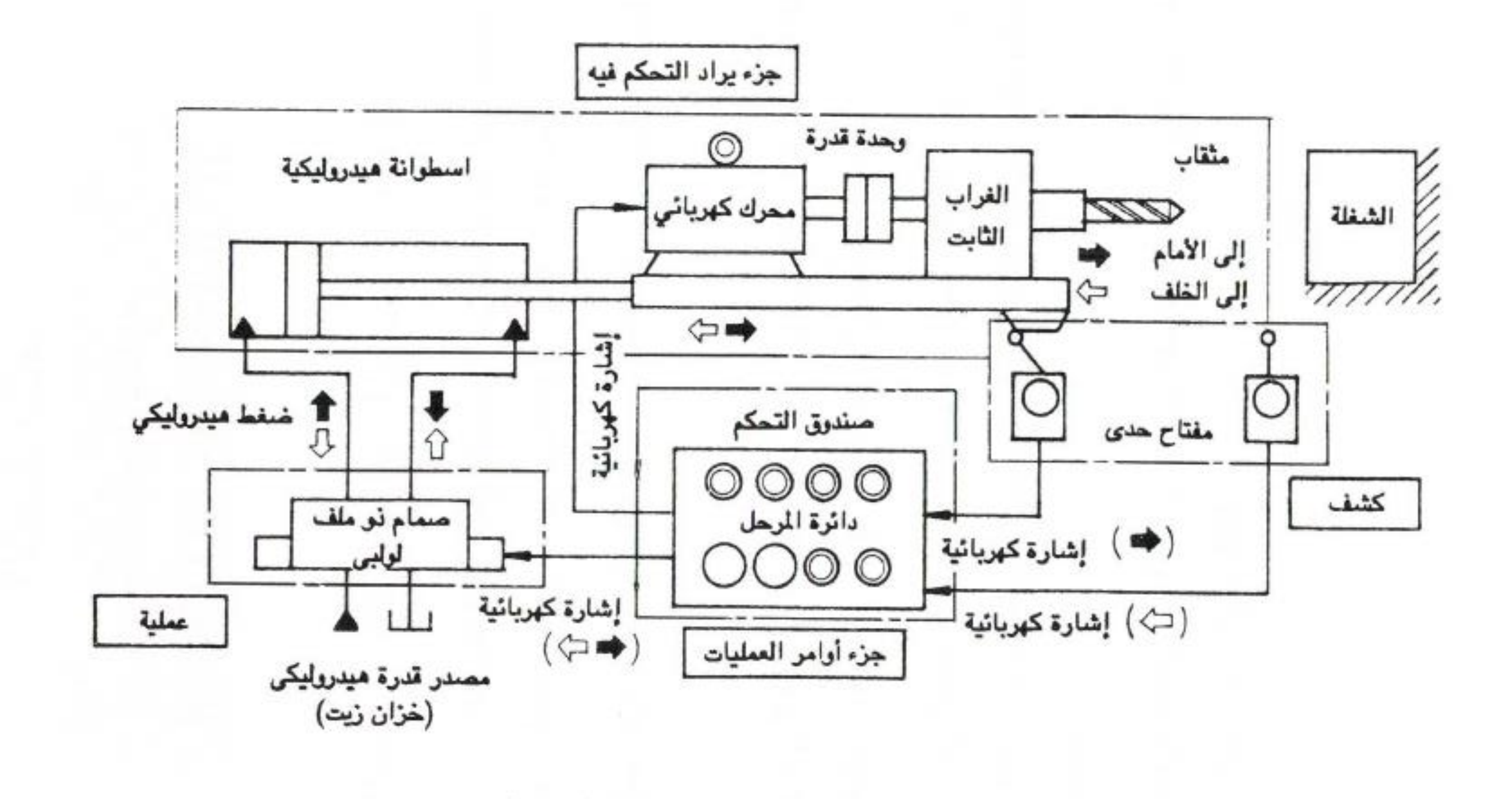
التحكم المتتابع هو الطريقة التي تدمج العناصر التي تشمل حالتين بالمتتابع للاستمرار في العمل،مثل وصل / فصل مفتاح تشغيل، وتشغيل / إيقاف ساعة توقيت .

ويمكن أن تنقسم طرق العمل للانتقال إلى المرحلة التالية من مراحل التشغيل إلى ثلاثة أنواع، كما يلي :

(١) الانتقال إلى العملية التالية بعد مرور زمن معين – كما في الغسالات الأوتوماتيكية ، وإشارات المرور ، إلخ....(أنواع بسيطة نسبياً) .

(٢) الانتقال إلى العملية التالية،عندما تحقق العملية السابقة شروط معينة – كما في آلات النقل ، والتشغيل الأوتوماتيكي لآلات التشغيل الميكانيكية ، إلخ.... (أنواع عامة) .

(٣) انتقاء العملية التالية تبعاً لنتائج العملية السابقة – كما في التحكم في صعود المصعد ، إلخ ....(أنواع مركبة) .



الشكل ٨-١ مثال للتحكم المتتابع (تثقيب)

يبين *الشكل ٨-١ ، مثالا للتحكم المتتابع لإدارة* وحدة تثقيب ضخمة عن طريق اسطوانة هيدروليكية،والتحرك للأمام والخلف بواسطة إشارات من مفتاحين حدِّيَيْنْ (ارجع إلى الفقرة ٢- الجزء ١ - الفصل الثامن) .

٨-١-١ شكل نظام التحكم المتتابع

يبين الشكل ٨-٢، الشكل العام لنظام تحكم متتابع .

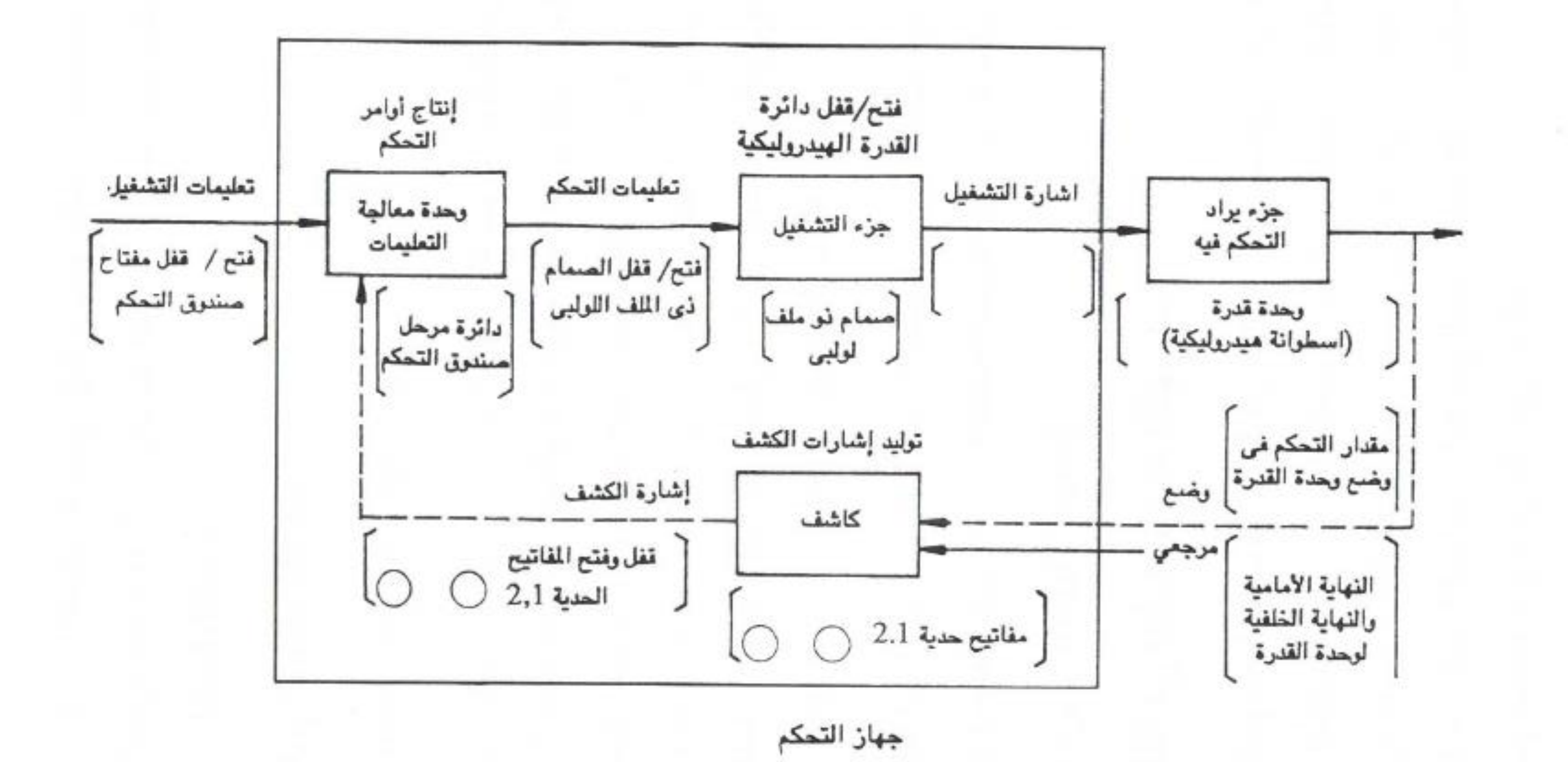
في التحكم المتتابع ، يتم استقبال إشارات الكشف ، كشرط للانتقال من العملية السابقة إلى التالية ،من النظام الذي يتم التحكم فيه ،وتعاد مرة أخرى إلى المرسل للتحكم .بينما في التحكم بالتغذية المرتدة، يتم انتقال الإشارات، بشكل عام، في دوائر مغلقة.ولا تكون محتويات إشارة الكشف مستمرة كما في إشارات التحكم بالتغذية المرتدة. وعلى سبيل المثال ، ترسل الإشارات فقط عندما يصل ذراع مكبس الاسطوانة الهيدروليكية إلى وضع سبق تحديده ، أو عندما تصل درجة الحرارة إلى قيمة محددة مسبقا .

ولا تكون هناك حاجة إلى إشارات الكشف من النظام الذي يتم التحكم فيه في حالة استخدام ساعة توقيت أو وسيلة أخرى، كما أن الأنظمة البسيطة ليس بها كاشف .

٨- ١ - ٢ دائرة المرحل Relay Circuit

[١] العناصر المختلفة في دائرة التحكم الكهربائية

يسمى التحكم المتتابع أيضا بالتحكم عن طريق مفاتيح. وعلى سبيل المثال، في عديد من الحالات ، تتم المهام الخاصة للتأكد من نهاية إحـــدى العمليات عند إنتهائها ، وبدء العملية التالية عن طريق مفاتيح • وبالإضافة إلى المفاتيح من نوع الأزرار الانضغاطية ، تشمل المفاتيح التي تستخدم لهذه الأغراض ، المفاتيح الحدِّية والمرحلات • ويقوم التحكم المتتابع بضم هذه العناصر للتعامل مع أوامر التشغيل المركبة •



الشكل ٨-٢ نظام التحكم المتتابع

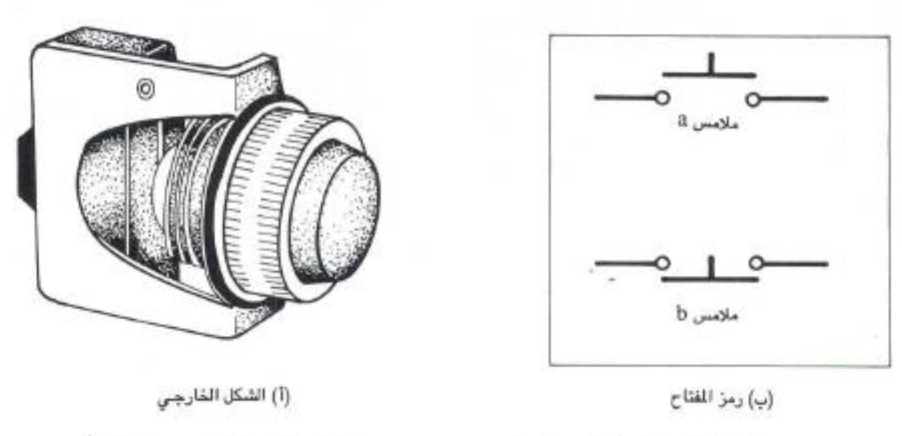
(أ) المفتاح من نوع الأزرار الانضغاطية

Push Button Switch

بشكل عام ، تستخدم المفاتيح من نوع الاستعادة الأوتوماتيكية[١] ، والتي تعود إلى الحالة الأصلية عن طريق ياي ، عندما ترفع اليد عنها. وهذه العملية تتشابه تماما مع الأزرار الانضغاطية للأجراس الكهربائية في المنزل. ولأغراض التحكم ، تتوفر النهايات الطرفية : (COM) "عام" ، (NO) «مفتوح عادة»، (NC) «مقفول عادة». ويقوم أحد الأزرار الانضغاطية بأداء مهمتين تشغيليتين ، هما، قفل الدائرة فقط عندما يتم ضغطه أو فتح الدائرة فقط عندما يتم ضغطه . وتستخدم الأطراف (NO),(COM) عند التغذية بتيار ، بينما تستخدم الأطراف (COM), (NC) عند قطع التيار. وتسمى الأطراف (NO) , (NC) الملامسات "a" , "b" على الترتيب . ويبين الشكل ٨-٣، المنظر الخارجي للمفتاح من نوع الأزرار الانضغاطية ورموز الرسم التخطيطي للدوائر الكهربائية.

(ب) مفتاح حدّيّ (طرفي) Limit Switch

هو مفتاح صغير ، يقوم بالتوصيل والقطع للملامس عن طريق تلامس ميكانيكي .ويبين الشكل ٨-٤، المنظر الخارجي للمفتاح الحديّ .

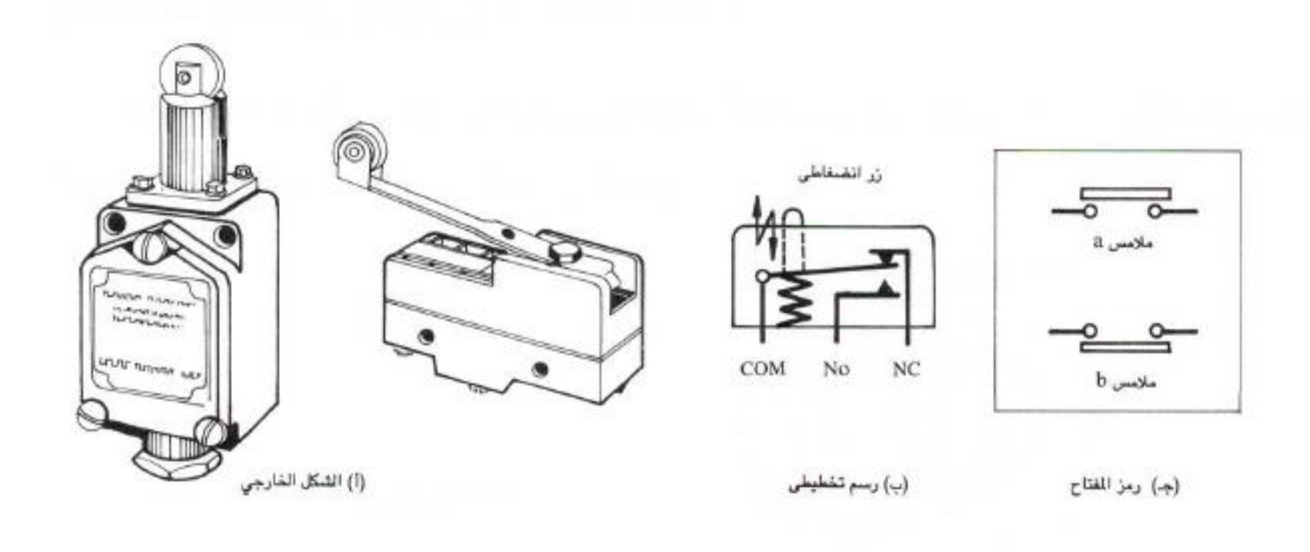


(أ) الشكل الخارجي

(ب) رمز المفتاح

الشكل ٨-٣ مفتاح من نوع الأزرار الإنضغاطية

وكما في المفاتيح من نوع الأزرار الانضغاطية ، فإن للمفتاح الحدي نهايات طرفية (COM),(NO),(NC) كما في الشكل (ب) .وتستخدم النهايات الطرفية ,(NO) (COM) لإدخال تيار . وتستخدم النهايات الطرفية (NC),(COM) لقطع التيار. ويبين الشكل (جـ)، رموز الرسم التخطيطي للملامسات "a" ,"b". ويقوم المفتاح الحدي بالكشف عن إشارات التحكم من النظام الذي يتم التحكم فيه، وينقلها إلى مفتاح التحكم في الدائرة التي تضم مرحِّل (Relay) كهرومغنطيسي ومركبات أخرى .



الشكل ٨-٤ مفاتيح حدية

(جـ) المرحِّل الكهرومغنطيسي Electromagnetic Relay

هوأحد أنواع المرحلات ، ووظيفته هى وصل /قطع التلامس عن طريق قوة كهرومغنطيسية. والمرحل الكهرومغنطيسى لابد وأن يتواجد في التحكم المتتابع. ولقد تم استخدام المرحلات الكهرومغنطيسية منذ بداية التحكم المتتابع، وتستخدم بكثرة حالياً أيضاً

ويوضح الشكل ٨-٥، مبدأ عمل المرحل الكهرومغنطيسي الصغير . فعند مرور تيار إلى الملف ، يجذب القلب القطعة الحديدية المتحركة لتوصيل الملامس "a "، وقطع الملامس "b ".وتبين الأشكال (ب) ، (جـ)، عمل ملامسات هذا المرحل ،وكذا الرموز المستخدمة في الرسم التخطيطي له . والمرحِّل الكهرومغنطيسي مدمج ، ولكن له عدة ملامسات ،(من 4 إلى24 تقريباً) .

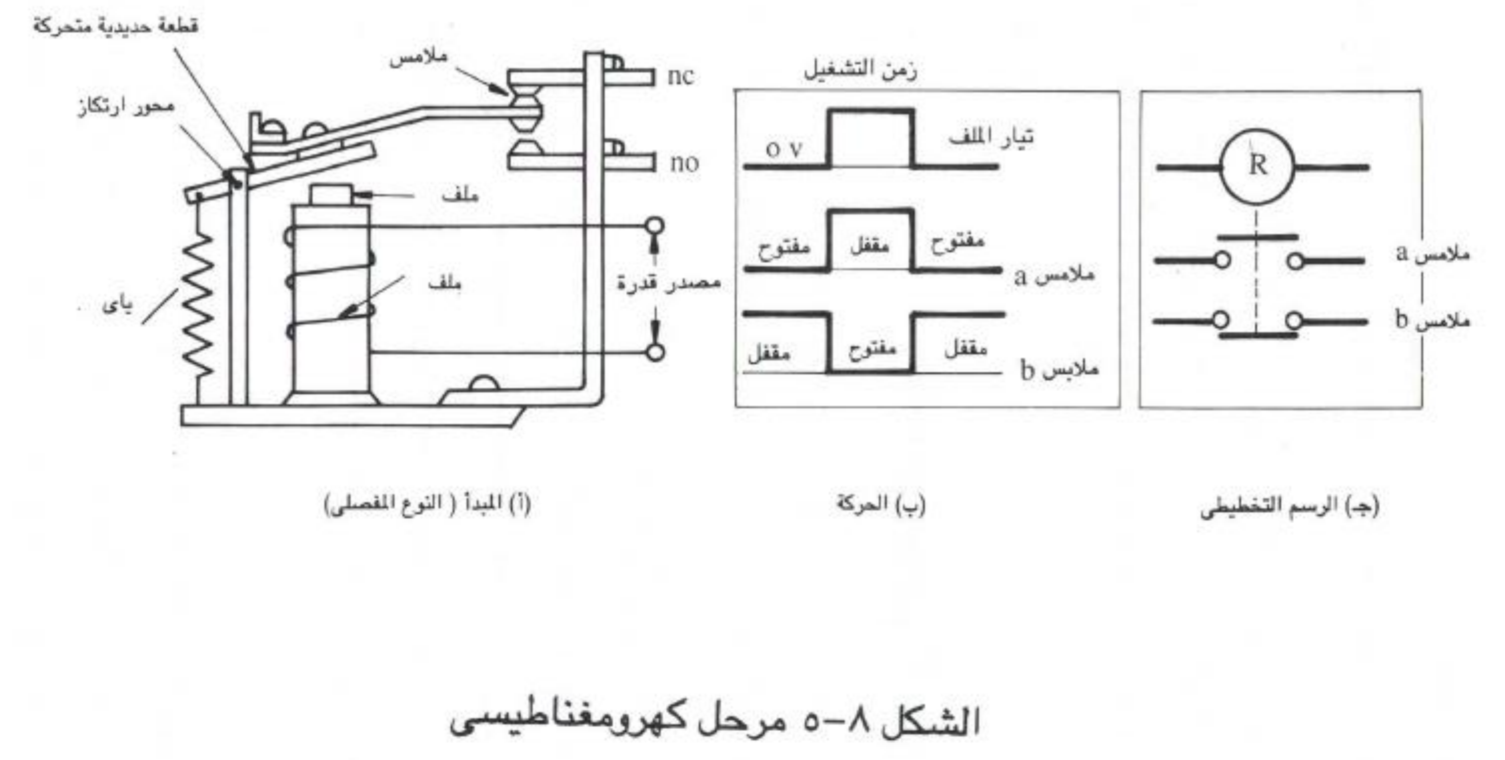
وتسمى الحالة التي يمر فيها تيار إلى المرحِّل الكهرومغنطيسي أو ملف الصمام اللولبي، بالإثارة ،وتسمى حالة قطع التيار - إزالة التمغنط .

(د) مرحِّل الحد الزمنيّ (النهاية الزمنية)

Time Limit Relay

هو أحد أنواع المرحلات، وفيه توصل / تفصل ملامساته بعد زمن معين تم تحديده مسبقاً بعد مرور التيار في الملف. ويسمى ببساطة المؤقت وينقسم إلى النوع الكهربائي ، والالكتروني ، والزنبركي ، وأنواع أخرى .

ويبين الشكل ٨-٦، مؤقت بمحرك ، وهو الأكثر استخداما ، في العادة. ويتكون من محرك متزامن صغير وقابض .

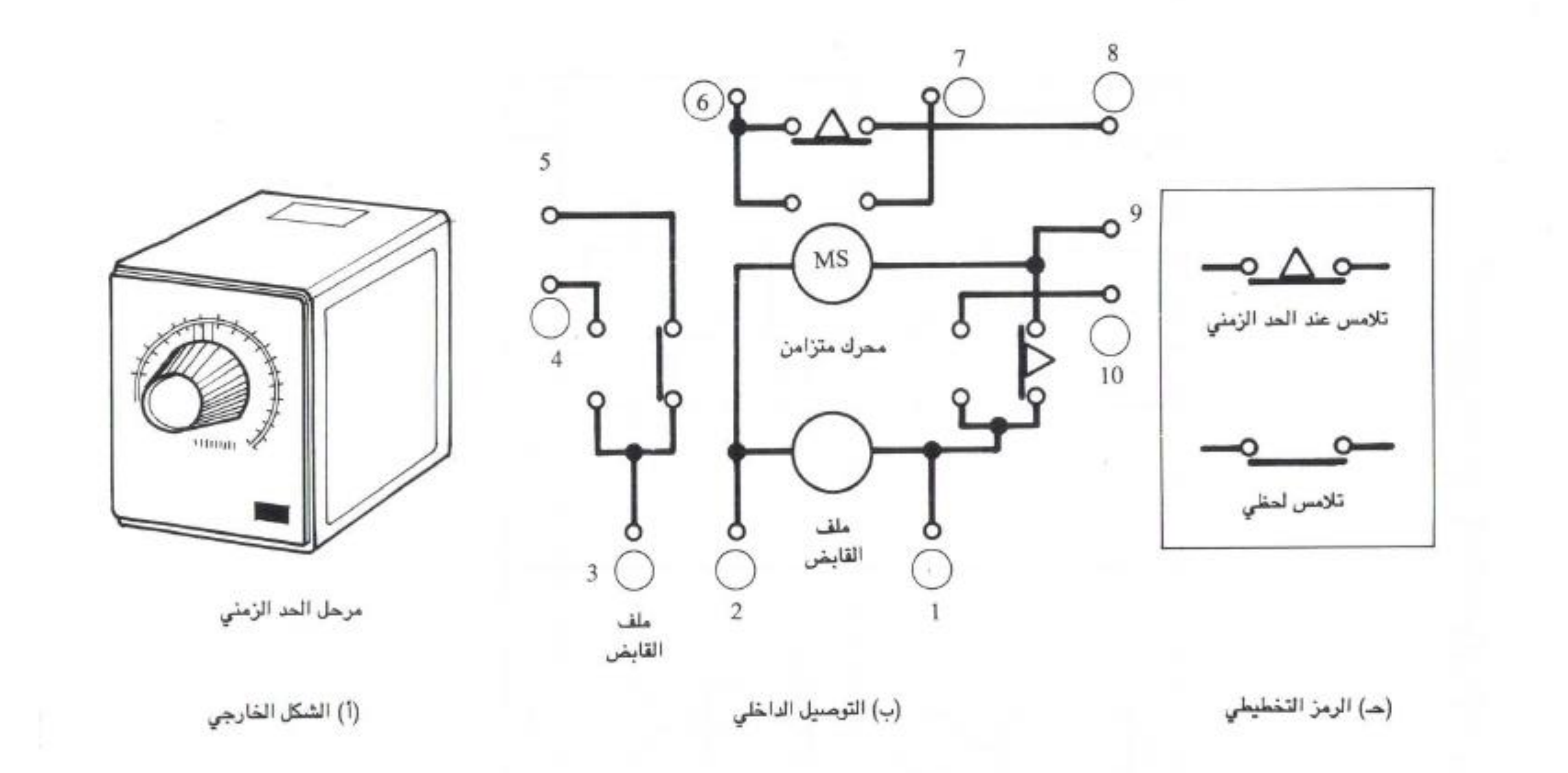


(أ) المبدأ (النوع المفصلى)

(ب) الحركة

(جـ) الرسم التخطيطى

الشكل ٨-٥ مرحل كهرومغناطيسى



(أ) الشكل الخارجي

(ب) التوصيل الداخلي

(حـ) الرمز التخطيطي

في الشكل (ب) ، يتم التوصيل على الطرف 1-2 ثم تقفل الملامسات 3-5 3-4 ويدور المحرك المتزامن (MS) . وبعد مرور الزمن الذي تم ضبطه ، تقفل الملامسات النهائية 6-7, 10-1 و تفتح الملامسات 6-8 , 9-1 وعند انقطاع التيار تعود جميع الملامسات الى الأوضاع الأصلية.

الشكل ٨–٦ مؤقت بمحرك Motor Timer

	رمز الرسم التخطيطي	تشغيل	
اشارة الدخل (ملف) ملامس a ملامس b	TLA	إعاقة زمنية	تشغيل المؤقت
إشارة الدخل (ملف) ملامس a ملامس b	TLR	إعاقة زمنية	عملية إعادة وضبط الزمن

الشكل ٨-٧ عمل المؤقت ورموز الرسم التخطيطي

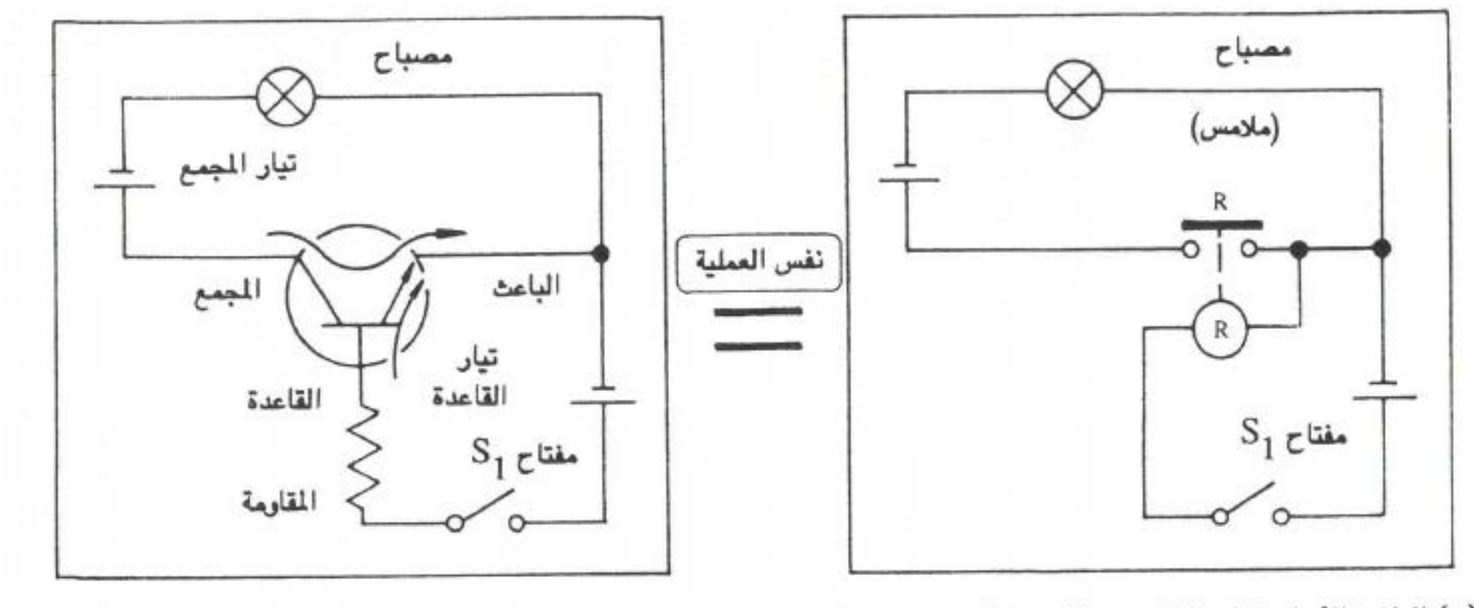
ويبين الشكل ٨-٧، عمل المؤقت والرموز المستخدمة في الرسم التخطيطي. وينقسم عمل المؤقت إلى عملية تشغيل الزمن، وفيه توصل وتفصل الملامسات بإعاقة زمنية عن طريق إشارة الدخل ، وعملية إعادة ضبط الزمن ، وفيه توصل وتفصل الملامسات بإعاقة زمنية بعد قطع إشارة الدخل.

أما مرحِّل المؤقت الالكترونى فهو يستخدم دائرة إعادة شحن لمكثف (C) ومقاومة (R) كدائرة زمنية ، ويسمى أيضا مؤقت CR . ولا يوجد فيه ملامسات، ويستخدم بكثرة ، نظراً للوثوق فيه بدرجة كبيرة في العمليات المتكررة .

[٢] العناصر المختلفة لدائرة التحكم بدون ملامسات

للمرحل الكهرومغنطيسي ملامسات لتوصيل /قطع التيار، ولذا يسمى مرحل التلامس. وبالمقارنة معه، فإن أشباه الموصلات مثل الترانزستورات والثايرستورات (نبيطة ثلاثية من أشباه الموصلات)،انظر الجدول ٨-١، ليس لها ملامسات ، ولكن لها خصائص تسمح بعمليات الوصل والفصل للتيار (الإشارات) كما في المرحلات. ولذلك يمكن تكوين دوائر التحكم المتتابع عن طريق استخدام مرحلات بدون ملامسات .

وعلى سبيل المثال ، وكما يظهر في الشكل ٨-٨ ، يمكن أن يوصل / يقطع التيار المار بين مجمّع وباعث الترانزستور عن طريق تيار القاعدة . وتسمى هذه بالخاصية التحويلية .



(ب) الدائرة الأساسية لمرحل كهرومغناطيسى (مرحل بملامسات)

(أ) الدائرة الأساسية للترانزستور

فى الشكل (أ) عند الضغط على مفتاح S_1 يمر تيار القاعدة فى الترانزستور ويمر تيار المجمع في نفس الوقت ، وبذلك يضىء المصباح بدون تحريك الأجزاء أو بدون ملامسات .
فى الشكل (ب) ، يعمل المرحل المغناطيسى بتشغيل المفتاح S_1 ، ثم يقفل الملامس ويضيء المصباح ، وهاتان العمليتان متماثلتان .

الشكل ٨-٨ عمل مرحل بدون تلامس

(أ) عناصر أشباه الموصلات كمرحِّلات بدون ملامسة

Non- contact Semi-conductor Devices

يبين الجدول ٨-١، قائمة عناصر أشباه الموصلات المختلفة المستخدمة في دوائر التحكم بدون تلامس . وبدمج ترانزستور ، وثنائي، وأجهزة ، أخرى يمكن استخدام دائرة لها الخصائص الأساسية المطلوبة للتحكم المتتابع بدون ملامسات. وتوصل أطراف الدخل والخرج للوحدة بالتبادل لتكوين دوائر تتابع اختيارية ، تكوّن مرحِّلات عامة بدون ملامسات

(ب) مفتاح التقارب Proximity Switch

تستخدم المفاتيح الدقيقة والحدية ككشافات لعملية التحكم . وبالإضافة إليهما، تستخدم حاليا كاشفات بدون ملامسات، بكميات كبيرة .

ومفتاح التقارب عبارة عن كاشف يخرج إشارة خرج عندما يقترب الجسم المعني في حدود مسافة سبق تحديدها من قبل. وفي الجدول ٨-٢ ، يتم تصنيف الكاشفات بناء على أساسيات ومبادىء التشغيل .

ومع المفاتيح الكهروضوئية ، وفوق الصوتية ، التي تعمل باللمس ، والتي سيتم توضيحها أدناه ، فإن مفاتيح التقارب أساسية كعناصر مجسات تحكم (ارجع إلي الفقرة ٤ - الجزء ٦ - الفصل العاشر) في الروبط الصناعي ومعدات الأتمتة بالإستفادة من خصائصها المنفردة .

الإسم	إسم الرمز في الشكل	الخصائص
ترانزستور	باعث مجمع قاعدة	يحكم هذا العنصر التيار بين المجمع والباعث عن طريق تيار القاعدة الذي يمر من القاعدة الى الباعث
ترانزستور ضوئي	باعث مجمع	يتم التوصيل عن طريق الضوء ويتم التحكم في التيار عن طريق كمية الضوء الخارجي
ثنائي باعث للضوء	كاثود (مهبط) أنود (مصعد)	يشع ضوءاً عندما يمر تيار من الأنود الى الكاثود . ويدمج مع الترانزستور الضوئي كازدواج ضوئي
ثنائي	كاثود (مهبط) أنود (مصعد)	مقاومة هذا العنصر هى صفر عندما يمر تيار من الأنود إلى الكاثود ، وبالعكس ، فإنه يكون ما لانهاية
ثايرستور	كاثود أنود بوابة	وهو عنصر تقويم للتحكم عن طريق السليكون . وهو يتحكم في التيار الذي يمر بين الأنود والكاثود عن طريق تيار البوابة . وله خصائص مدمجة مثل الترانزستور والثنائي

الجدول ٨-١ عناصر أشباه الموصلات المستخدمة في دوائر التحكم بدون تلامس

النوع / الشغلة التي يراد الكشف عنها	ذبذبات تردد عالي	قنطرة حثية (محول فرقي)	النوع المغنطيسي (مفتاح	نوع السعة الكهروستاتية
الشغلة التي يراد الكشف عنها	معدن	معدن (مادة مغنطيسية)	مادة مغنطيسية	جميع المواد
مبادىء التشغيل	يقوم بالكشف عن طريق إنهاء حالة التردد العالي كتغير تذبذب معاوقة الملف ①	يولد جهة خرج عن طريق عدم إتزان دائرة القنطرة عندما يتغير أحد العناصر في الدائرة	يدير مفتاح بريشة عن طريق قوة سحب مغنطيس	يغير السعة عن طريق نفاذية مادة القطب
الخصائص	١ – صغير ٢ – إستجابة عالية ٣ – رخيص	١ – إستجابة مع المواد المغنطيسية فقط	١ – لايستخدم مصدرقدرة ٢ – رخيص	١ – مناسب للكشف عن المنسوب

① 1 – E/I تساوي نسبة الجهة E الى التيار I بين طرفين

الجدول ٨ – ٢ مفاتيح التقارب

(جـ) المفتاح الكهروضوئى Photoelectric Switch

يكون الكشف ممكناً في حالة جميع الأغراض مثل المعادن ، والأجسام الصلبة ، والسوائل ، والغازات ، طالما أنهما تُحدث تغيرات ضوئية . ويبين الشكل ٨ – ٩ أمثلة تطبيقية للمفاتيح الكهروضوئية . وتنقسم المفاتيح الكهروضوئية، تبعاً لدمج الضوء المنبعث وأجهزة أشباه الموصلات ، إلى التالي :

(١) نوع بالإرسال Transmission Type

توضع أجهزة بعث الضوء وأجهزة الكشف الضوئية منفصلة، وترسل إشارة كشف عند مرور جسم بينها .

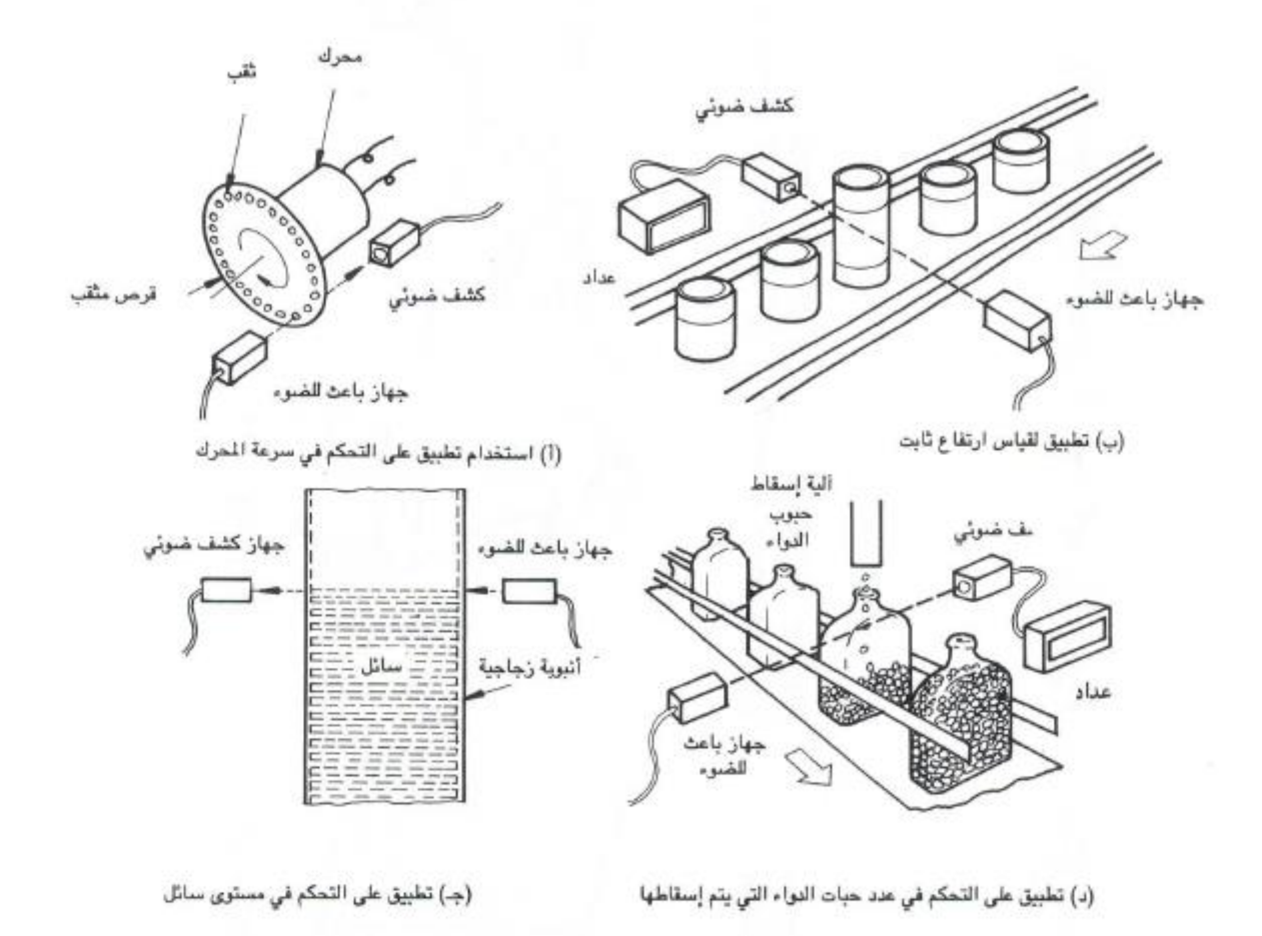
(٢) نوع بالانعكاس Reflection Type

توضع أجهزة بعث الضوء وأجهزة الكشف الضوئية مدمجة ، وترسل إشارة عند الكشف عن ضوء منعكس ينبعث من الجسم المشع .

- أجهزة بعث الضوء مثل المصباح المتوهج وثنائيات بعث الأشعة تحت الحمراء .... الخ .
- أجهزة الكشف الضوئية مثل خلايا السليكون ، والترانزستورات الضوئية .... الخ

(د) المفتاح فوق الصوتي Ultrasonic Switch

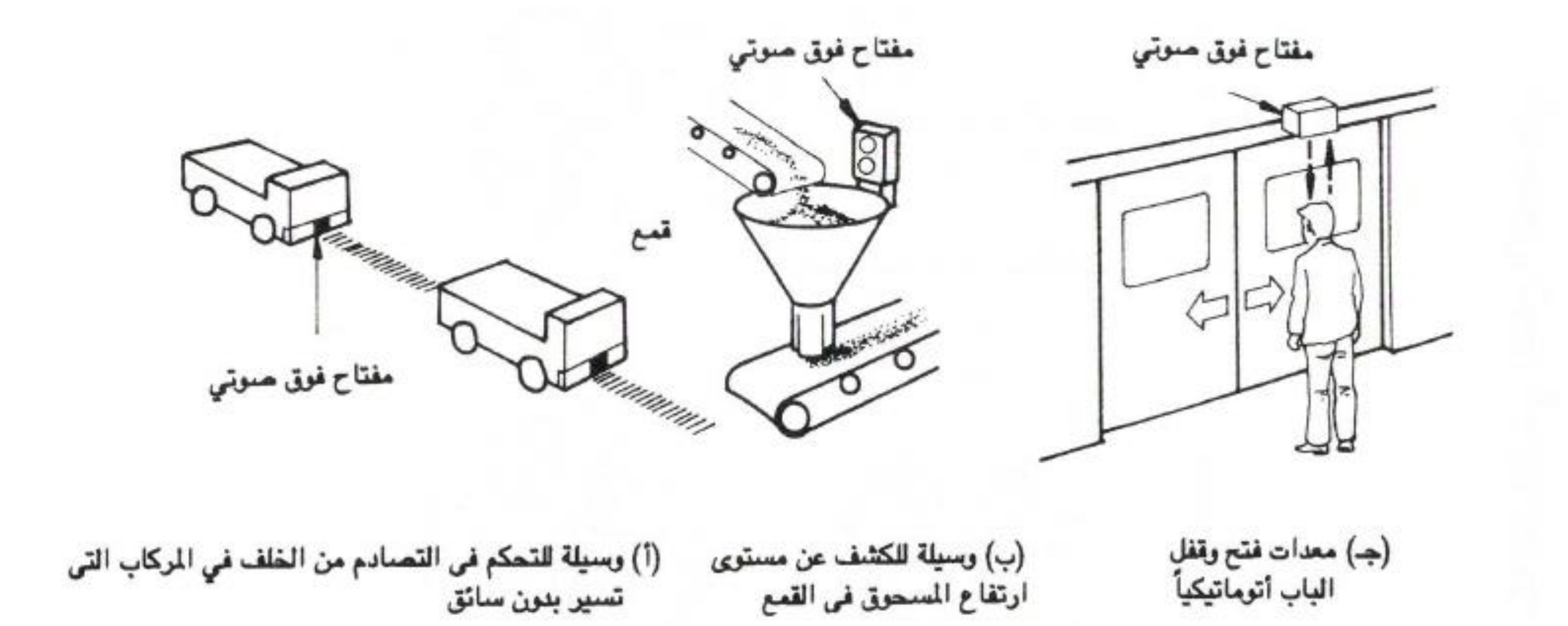
يتم الكشف عن الأجسام باستخدام الموجات فوق الصوتية، وللمفتاح مرسل صدى صوتى (ميكروفون) يعطي ذبذبات بموجات فوق صوتية،, ومستقبل صدى صوتى (سماعة) . ويبين الشكل ٨-١٠، أمثلة فعلية لتطبيقات مفتاح الموجات فوق الصوتية .



(جـ) تطبيق على التحكم في مستوى سائل

(د) تطبيق على التحكم في عدد حبات الدواء التي يتم إسقاطها

الشكل ٨-٩ أمثلة تطبيقية علي المفتاح الكهروضوئي

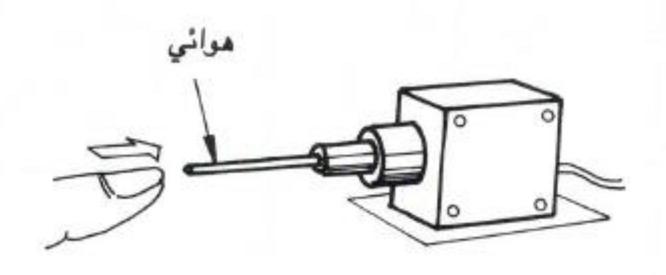


الشكل ٨–١٠ أمثلة فعلية على مفتاح الموجات فوق الصوتية

(هـ) المفتاح الذي يعمل باللمس Touch Switch

وهذا النوع من المفاتيح ، يعمل بمجرد لمسه . وشكل دائرة هذا المفتاح تشابه دائرة مفتاح التقارب من نوع الذبذبات عالية التردد . وتؤخذ إحدى أطراف دائرة التذبذب عالية التردد كهوائي . وعند ملامســة موصل لهذا الهوائي ، تتوقف الذبذبات في الحال وترسل إشارة كشف .

وهو ليس مثل المفاتيح الحدية العادية ، فلا يتطلب هذا المفتاح قوة للتشغيل أو إزاحة ، ويسمح بالكشف مع دقة عالية ،(أنظر الشكل ٨-١١).

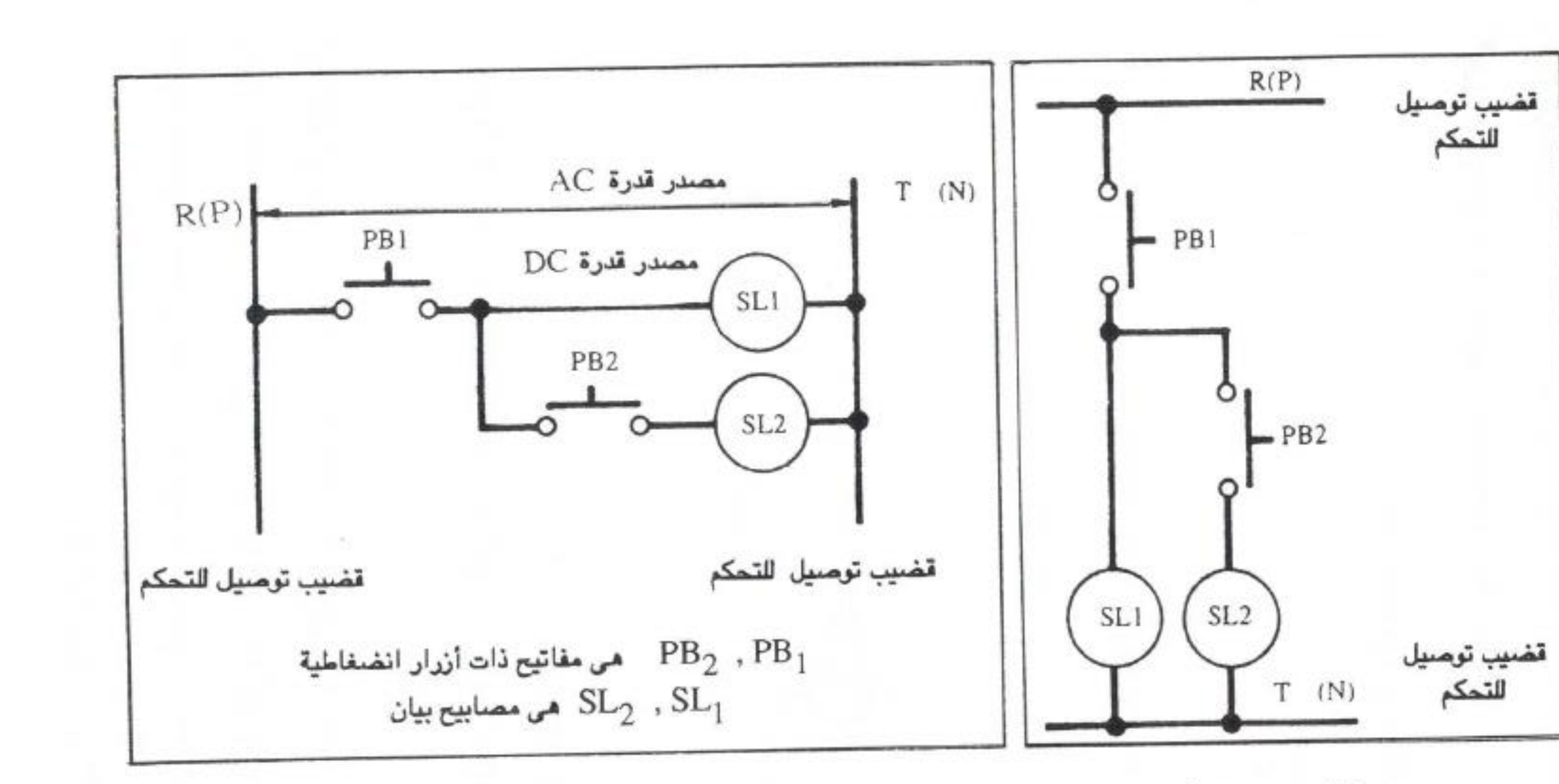


الشكل ٨-١١ مفتاح يعمل باللمس

[٣] الدائرة الأساسية للمرحِّل

(أ) الرسم التخطيطى للتتابع Sequence Diagram

الرسومات التخطيطية للتتابع (أو مخطط بيان التوصيلات الكهربائية للعناصر) هى الرسومات التخطيطية التي تبين التوصيلات الكهربائية بين العناصر التي يتم التحكم فيها لتوضيح تتابع نظام التحكم كما في الشكل ٨-١٢ .



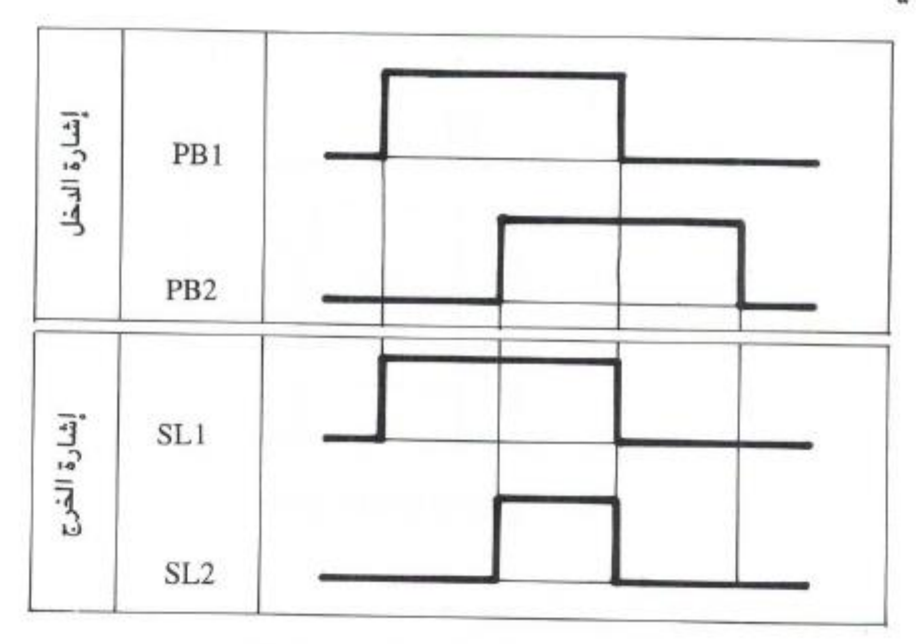
(ب) الوصف الرأسى

(أ) الوصف الجانبى

على الرسم التخطيطي للمفتاح ، ترسم خطوط الإمداد في اليمين واليسار ، ويسمى الوصف الجانبى ، وترسم أعلى وأسفل ويسمى الوصف الرأسى ، ويسمى خط إمداد القدرة بقضيب التوصيل للتحكم . ولأغراض التمييز يستخدم الرمز R , T للتيار المتردد ، والرمز P , N للتيار المستمر.

الشكل ٨ – ١٢ الرسم التحطيطى للتتابع

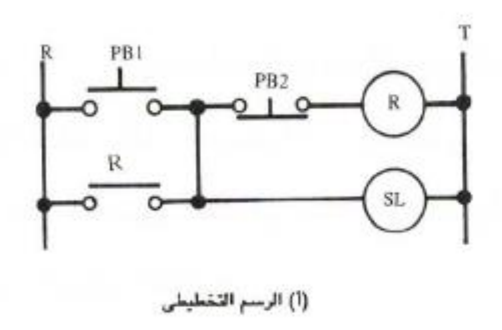
ويبين الشكل ٨-١٢ ، ٨-١٣ ، الرسومات البيانية لتتابع العمليات عن طريق إشارات ، للتأكد من قيام المعدات المختلفة بأداء العمليات ، وتسمى مخططات التتابع. وتسمى المخططات التي تبين الزمن على المحور الأفقي بالمخططات الزمنية . وتستخدم هذه المخططات في تحليل وتصميم التحكم المتتابع .



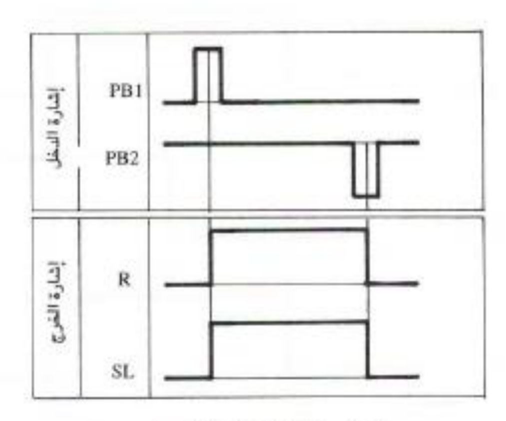
مخطط الإشارة الزمني التتابعي

(ب) دائرة الاحتجاز Holding Circuit

في الشكل ٨-١٤ (أ) ، تحدث إثارة في الملف R للمرحل ، ويقفل الملامس R للمرحل في اللحظة التي يُضغط فيها المفتاح الانضغاطي PB_1، فيمر تيار بواسطة ملامس المرحل R ليستمر في إثارة الملف R، ويبقى المصباح المبين SL مضيئًا ، حتى بعد رفع الضغط عن المفتاح PB_1. وتسمى هذه الحالة «القيام بالاحتجاز». وتسمى هذه الدائرة دائرة الاحتجاز. وبالضغط على المفتاح PB_2 ، تزال مغنطيسية الملف R للمرحل وينطفيء مصباح المبين. وتسمى هذه الحالة «فك الاحتجاز» .



(أ) الرسم التخطيطى



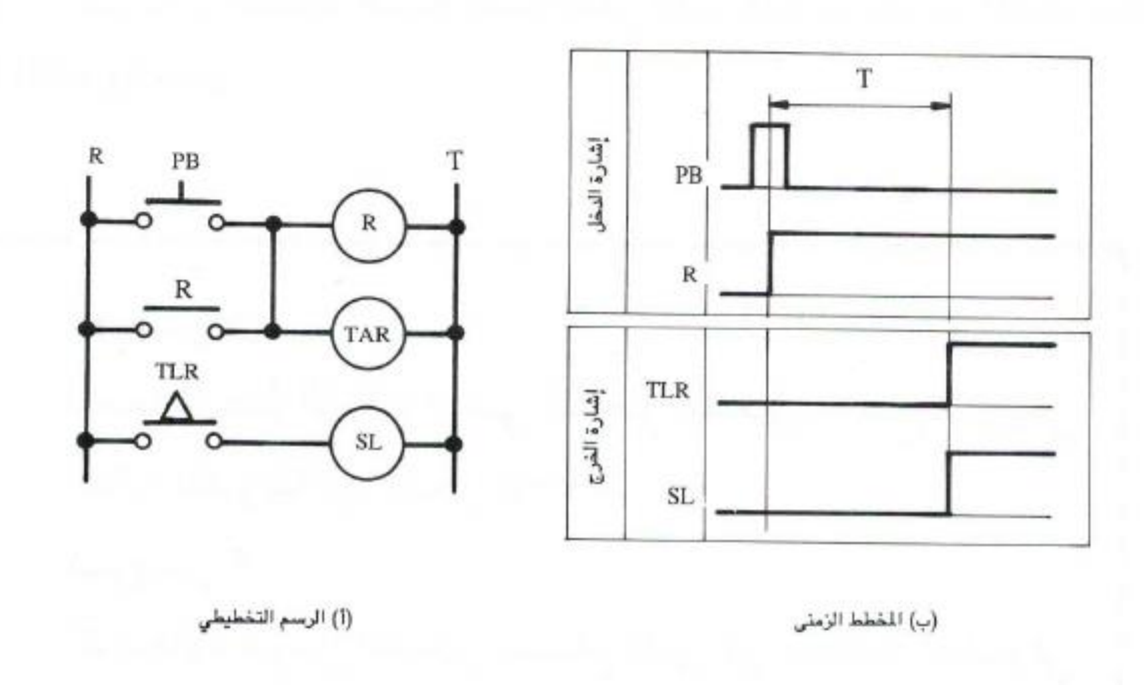
(ب) مخطط الإشارة الزمني

الشكل ٨-١٤ دائرة احتجاز

وكما ذكر من قبل ، فلدائرة الاحتجاز وظيفة الذاكرة، وهى من الدوائر الأساسية لتكوين دوائر التحكم المتتابع .

(جـ) دائرة تأخير زمني للتشغيل Delay Operation Circuit

باستخدام مرحل حد زمنى ، يمكن أن تفتح وتقفل الملامسات عند فروق زمنية ثابتة ، وبهذا تكون عمليات الإعاقة المختلفة سهلة . في الشكل ٨-١٥ ، بالضغط على المفتاح الإنضغاطى PB ،يثبت المرحل R ،ويعمل المؤقت TLR ، فتوصل الملامسات بعد زمن (t) تم ضبطه مسبقاً، ويضيء مصباح المبين SL . تسمى هذه الدائرة - **دائرة تأخير زمنى للتشغيل** .



(أ) الرسم التخطيطي

(ب) المخطط الزمني

الشكل ٨–١٥ دائرة تأخير زمني للتشغيل

(د) دائرة التشابك Interlock Circuit

في الشكل ٨–١٦ ، بالضغط على المفتاح الانضغاطى PB_1 ، يبقى المرحل R_1 في حالة القيام بالاحتجاز ويضيء مصباح المبين SL_1 . ويكون الملامس b للمرحل R_1 مفتوحاً ، حتى عند ضغط المفتاح PB_2 في هذه الحالة، ولا يعمل المرحل R_2 . ولا يضيء المصباح SL_2 . وتسمى هذه الحالة « التشابك ». ولإضاءة مصباح المبين SL_2 ، يجب الضغط على المفتاح PB_3 لفك احتجاز المرحل R_1 ويجب الضغط على PB_2 بعد ذلك . وبالضغط على PB_2 ، يحتجز المرحل R_2 ، ويتشابك المرحل R_2 بحيث لايعمل المرحل R_1 حتى في حالة الضغط على المفتاح PB_1. ولا يضيء المصباح SL_1 . وتسمى الدوائر من هذا النوع – والذى يتوقف عملها على تحقيق شروط معينة – دوائر التشابك البينية . وتسمى الملامسات b للمرحلات R_1, R_2 بملامسات التشابك .

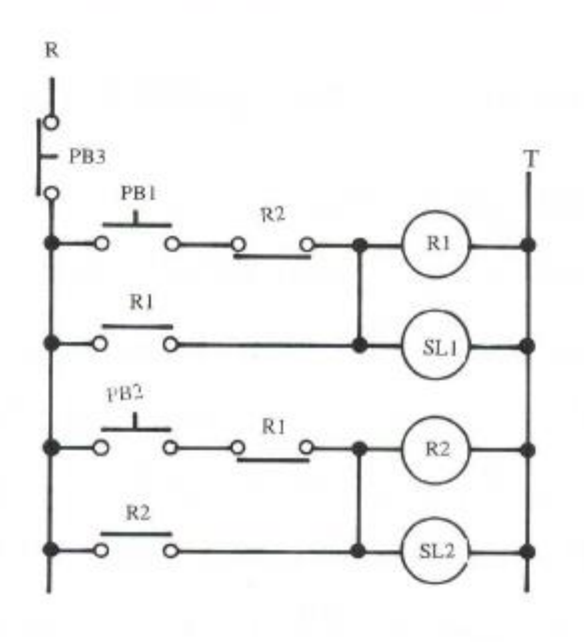
وتستخدم دوائر التشابك البينية عندما تعطي أولوية للتشغيل أو عند القيام باختبار سلامة الآلات والمعدات .

تمريـــن ١

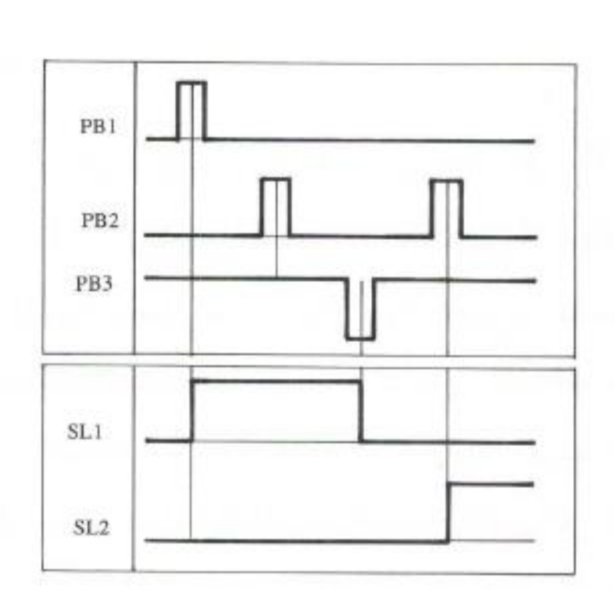
ارسم مخطط الإشارة الزمني التتابعي لتشغيل مصباح المبين في الدائرة المعروضة في الشكل ٨-١٧ .

تمريـــن ٢

كّون دائرة مرحل لتشغيل مصباح المبين في مخطط التتابع في الشكل ٨-١٨ .

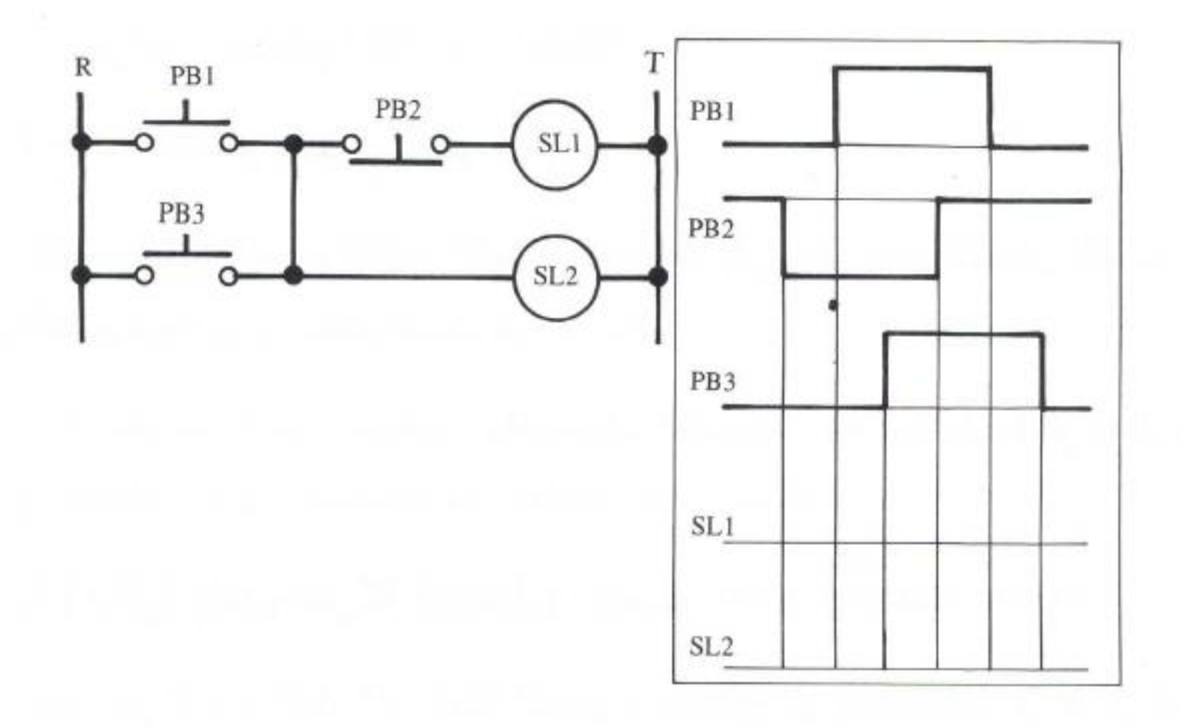


(أ) الرسم التخطيطي

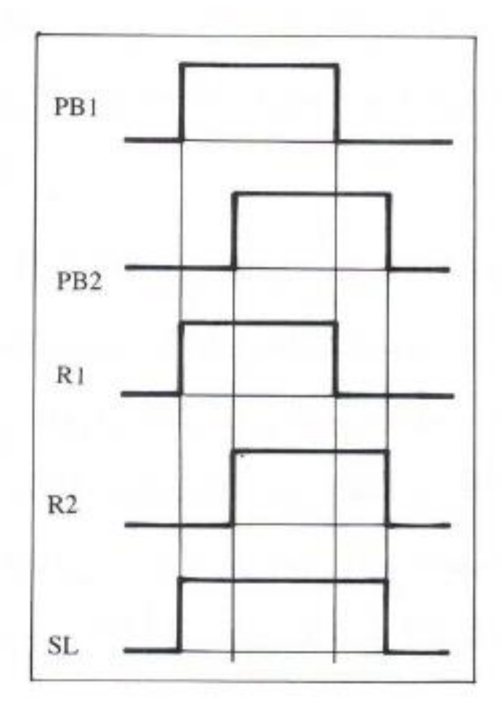


(ب) مخطط الإشارة الزمني

الشكل ٨-١٦ دائرة التشابك



الشكل ٨–١٧



الشكل ٨–١٨

٨-٢ دوائر التحكم المتتابع المختلفة

٨-٢-١ التحكم المتتابع الكهربائي

تنقسم دوائر التحكم المتتابع الكهربائى ببساطة إلى دوائر حمل لتشغيل الأنظمة التي يتم التحكم فيها ودوائر تحكم للتحكم في الأحمال .

والأحمال عبارة عن المحركات ، والمسخنات الكهربائية ، والصمامات التي تعمل بملف لولبي ،ومعدات أخرى ، وتستخدم دائرة المرحل كدائرة تحكم.

[١] دائرة بادىء حركة (تشغيل) المحرك Motor Starter Circuit

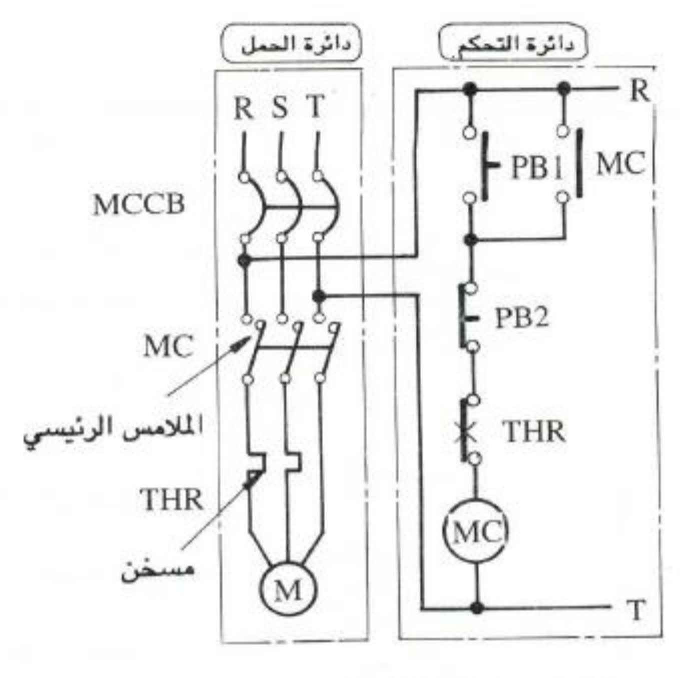
تستخدم قواطع التيار ذات العلبة المصبوبة ،ومفاتيح كهرومغنطيسية في دوائر التحكم للمحرك، بشكل عام . ويبين الجدول ٨-٣ هذه المعدات.

ويطبق جهد مقدر مباشرة علي محرك حث ثلاثى الأطوار من نوع قفص السنجاب ذي سعة صغيرة نسبيا ،كما في الشكل ٨-١٩، ليجعله يبدأ في العمل ، حيث أن التأثيرات على سلك التوزيع تكون صغيرة .

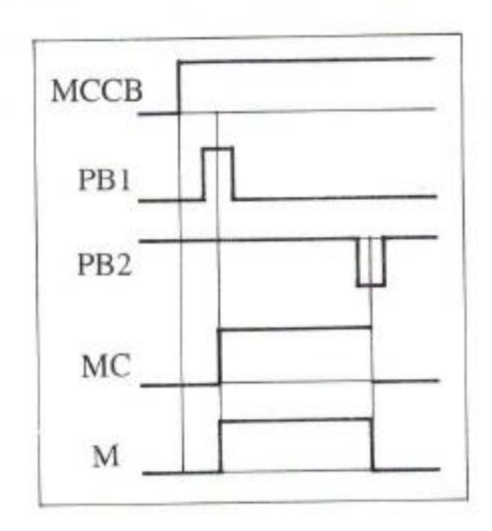
وبوضع قاطع التيار MCCB في وضع وصل ON ، وبالضغط على المفتاح PB_1 ، تتم إثارة الملامس الكهرومغنطيسى MC ويُقفل ملامسه الرئيسى ،ليبدأ المحرك M العمل . ويستمر المحرك M في الدوران ذاتياً عن طريق الملامسات المساعدة MC، حتى عند إزالة الضغط عن المفتاح PB_1. وبالضغط على المفتاح PB_2 ، يزال تمغنط MC ويتوقف المحرك M لفك الاحتجاز الذاتي .وعند مرور تيار زائد نتيجة فشل أو حادث أثناء التشغيل، يعمل مسخن المرحل الحراري THR بحيث يفتح الثنائي المعدني ملامسه، لإ يقاف المحرك .

الجهاز	الشكل الخارجي	الرمز التخطيطي		الاداء
قاطع تيار من نوع العلبه المصبوبه				ينقطع التيار عند زيادة التيار أو عند حدوث قصر في الدائرة.
مفتاح كهرومغنطيسي		ملامس كهرومغنطيسي	MC ملف ملامس رئيسي ملامس إضافي	أحد المرحلات الكهرومغنطيسية الكبيرة المفتاح الرئيسي والملامس الإضافي لفتح وقفل تيار الحمل
		مرحل حراري	سخان ملامس a ملامس b	العناصر تتكون من مسخن ، ثنائي معدني للعنصر الحراري وملامس. وهو يمنع الاحتراق نتيجة التيار الزائد

الجدول ٨-٣ قاطع التيار ذو العلبة المصبوبة والمفتاح الكهرومغنطيسى



(أ) الرسم التخطيطي للتابع



(ب) مخطط الإشارة الزمنى

الشكل ٨ – ١٩ دائرة البدء (التشغيل) للمحرك

[٢] دائرة مبيّن لمحرك Motor Indication Circiut

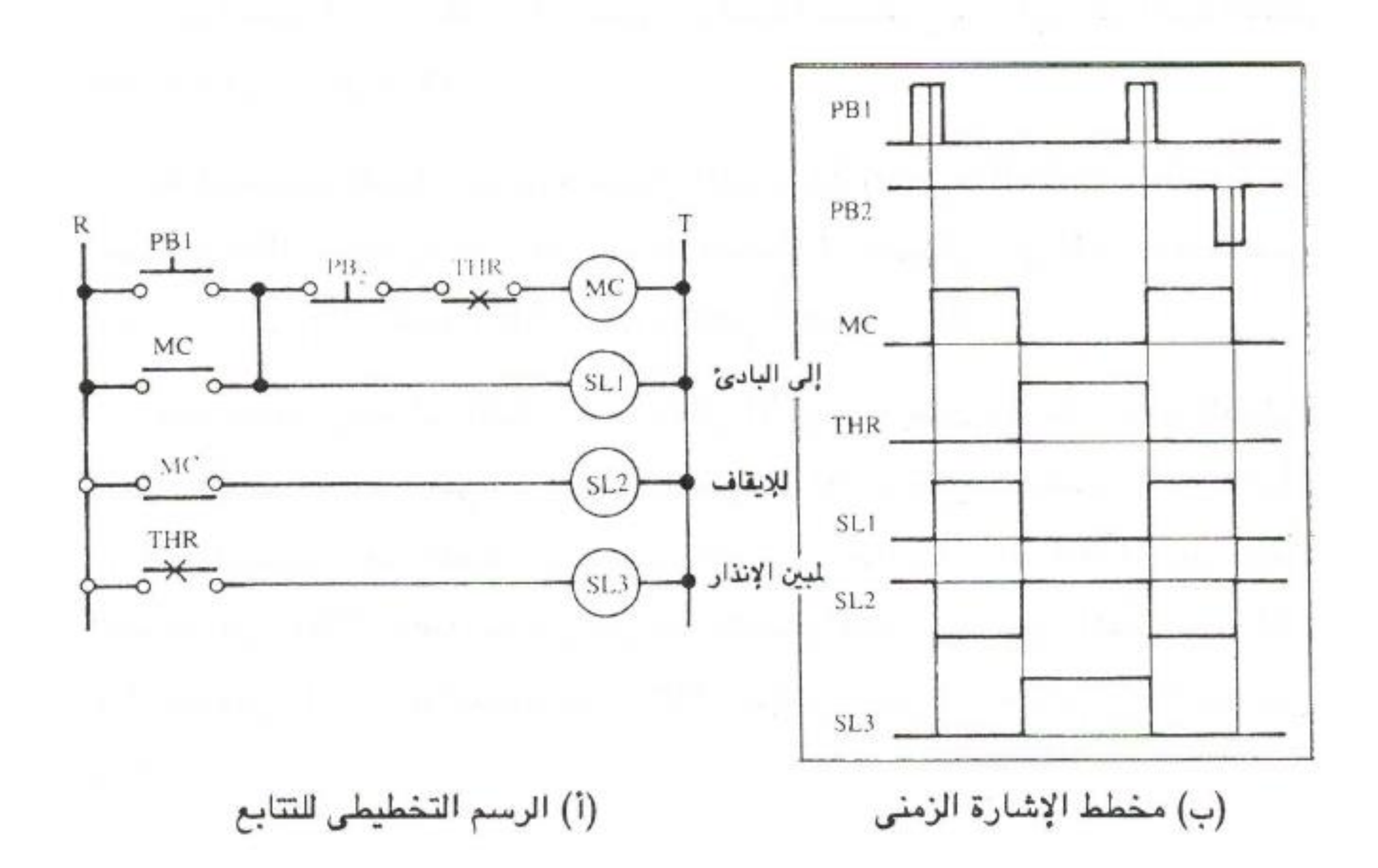
يبين الشكل ٨-٢٠، دائرة بيان لمحرك مع إضافة مصابيح بيان إليها في دائرة التحكم المعروضة في الشكل ٨-١٩ .

بعمل توصيل للقدرة ، يضيىء المصباح المبين SL_2 (للتوقف STOP). وبالضغط على المفتاح PB_1، تتم إثارة الـ MC فيبدأ المحرك في الدوران. وفي نفس الوقت،يضيء المصباح المبين SL_1 (للبدء START)، وينطفيء المصباح SL_2.

وعند حدوث زيادة في التيار نتيجة بعض الأسباب ، يعمل مسخن المرحل الحرارى THRلإيقاف المحرك . وفي نفس الوقت، ينطفىء SL_1 ، وتضىء مصابيح الإنذار ، SL_2 ، SL_3 . ولاستعادة هذه الحالة إلى حالتها الأصلية ، يعاد وضع الـ THR يدويا، ويعاد الضغط على PB_1 . وهذا سيؤدي إلى بدء تشغيل المحرك، وتضيىء المصابيح SL_2 ، SL_1،وينطفيء SL_3 . وبالضغط على PB_2، يتوقف المحرك ، وينطفيء SL_1 ويضيىء SL_2.

[٣] مفاتيح التشغيل بالتحكم المبرمج Programmable Controller (PC)

تُوصل، بشكل عام ، دائرة المرحل بمرحلات كهرومغنطيسية وأجهزة توقيت ومركبات لازمة أخرى بالأسلاك لتكوين دوائر تحكم تتابعية . وفي مفاتيح التحكم المبرمجة ، يمكن تكوين دوائر تحكم تتابعية بدون ملامسات بسهولة داخل جزء مفتاح التحكم، وذلك بتوصيل الدخل فقط مثل المفاتيح الحدية والأزرار الانضغاطية . وأكثر من ذلك، يمكن لهؤلاء الذين ليس لديهم خبرة في برمجة الحاسب أن يراجعوا برامج التحكم بسهولة . ولذلك فإن مفاتيح التحكم المبرمجة تعتبر معدات مناسبة .



(أ) الرسم التخطيطى للتتابع

(ب) مخطط الإشارة الزمنى

الشكل ٨ – ٢٠ دائرة بيان لمحرك

وكما يظهر في الشكل ٨-٢١، تعتبر مفاتيح التحكم المبرمجة من الأنظمة شبه الحاسوبية. وتتكون أساساً من مواءمة بينية للدخل والخرج ، ووحدة معالجة مركزية ، ووحدة تخزين (ذاكرة) ، وأجهزة إدخال وإخراج البرامج ، (ارجع إلى الفقرة ٢- الجزء ١ - الفصل العاشر) .

تتم برمجة تفاصيل التحكم وتخزن في وحدة التخزين . ويتم تنفيذ البرامج عند استقبال إشارات الدخل . وتخرج إشارات تبعاً لنتائج العمليات الحسابية لتنفيذ التحكم المتتابع . ويمكن اعتبار مفاتيح التحكم المبرمجة حاسبات مخصصة للتحكم المتتابع فقط . وسيكون لها وظائف أكبر ، وستلعب دوراً هاماً في تحويل المصانع إلى الأوتوماتيكية .

[٤] خصائص مفاتيح التحكم التتابعية الكهربائية ذات الملامسات وبدونها

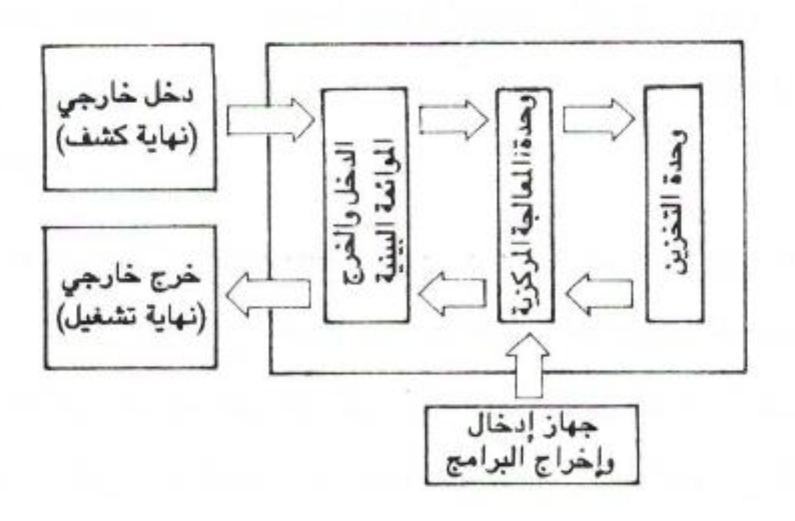
يعطي الجدول ٨-٤، قائمة بخصائص مفاتيح التحكم التتابعية ذات الملامسات وبدونها

٨ -٢ - ٢ التحكم المتتابع الهيدروليـــكي

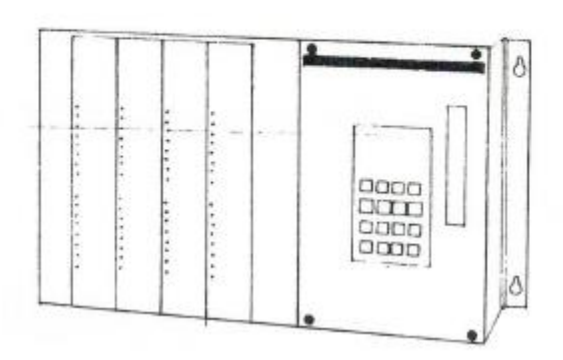
Hydraulic Sequential Control

[١] نظام التحكم الهيدروليكي

في كثير من الحالات ، في التحكم الأوتوماتيكي ، يتم إرسال إشارات وتكبيرها كهربائيا ، لتشغيل آليات ومعدات تستلزم قوة كبيرة ، بالرغم من أنها صغيرة نسبياً، إلا أنها تستخدم معدات هيدروليكية قوية.



(أ) مخطط التركيب



(ب) الشكل الخارجي

الشكل ٨ – ٢١ مفتاح التحكم المبرمج

الخصائص / النوع	نوع ذو تلامس	نوع بدون تلامس
نظام التحكم	دخل أقل وخرج أكبر ، وهذا مربح	دخل أكبر وخرج أقل ، وهذا مربح
سرعة الإستجابة	بطيء (وعادة لاتوجد مشاكل)	سريع (أقل من 1×10^{-3} ث)
الإستخدام	محدود	أكثر ربحية وأكثر إستخداما مع حياة نصف دائمة
تحمل الظروف البيئية	يتطلب التركيب مع حماية (يمنع التلامس الأقل جودة) ، يعطي صوت للمرحل عند التشغيل	لايتأثر بالغبار والتآكل من الغازات يمكن أن يستخدم مع الغازات القابلة للإنفجار حيث توجد شرارة
تحمل الإهتزاز	محدود	قوى نظراً لعدم وجود أجزاء متحركة
تحمل الضوضاء	قوى	يحتاج الى حماية من الضوضاء في حالة القرب من الأجهزة الكهربائية القوية
السعر	متوسط	غالي الثمن نسبياً
الحجم	محدود بأحجام صغيرة	صغير وخفيف

الجدول ٨ - ٤ خصائص مفاتيح التحكم التتابعية ذات الملامسات وبدونها

وتوفر الأنظمة الهيدروليكية خرجاً كبيراً، بالرغم من أنها ذات حجـم صغير نسبيًا . ويمكن التحكم في الضغط ، والسرعـة والموضع بدقة وبساطة. هذا ، وتستخدم الأنظمة الهيدروليكية بكثرة في آلات التشغيل ، والآلات الصناعية ، والسفن ، والمركبات، والطائرات ، والمعدات الأتوماتيكية في المصانع المختلفة . ويبين الشكل ٨-٢٢، معدة لتحريك اسطوانة إلى اليمين واليسار عن طريق ضغط هيدروليكى، وكذلك الرسم التخطيطي للدائرة الهيدروليكية .

[٢] العناصر المختلفة لنظام التحكم الهيدروليكي

يتكون نظام التحكم الهيدروليكى من مضخة هيدروليكية تنتج ضغطاً هيدروليكياً ، وصمام تحكم ، يتحكم في الضغط والانسياب والاتجاه ، ومُشغل هيدروليكي يحول الضغط الهيدروليكي إلى شغل ، وعناصر أخرى .

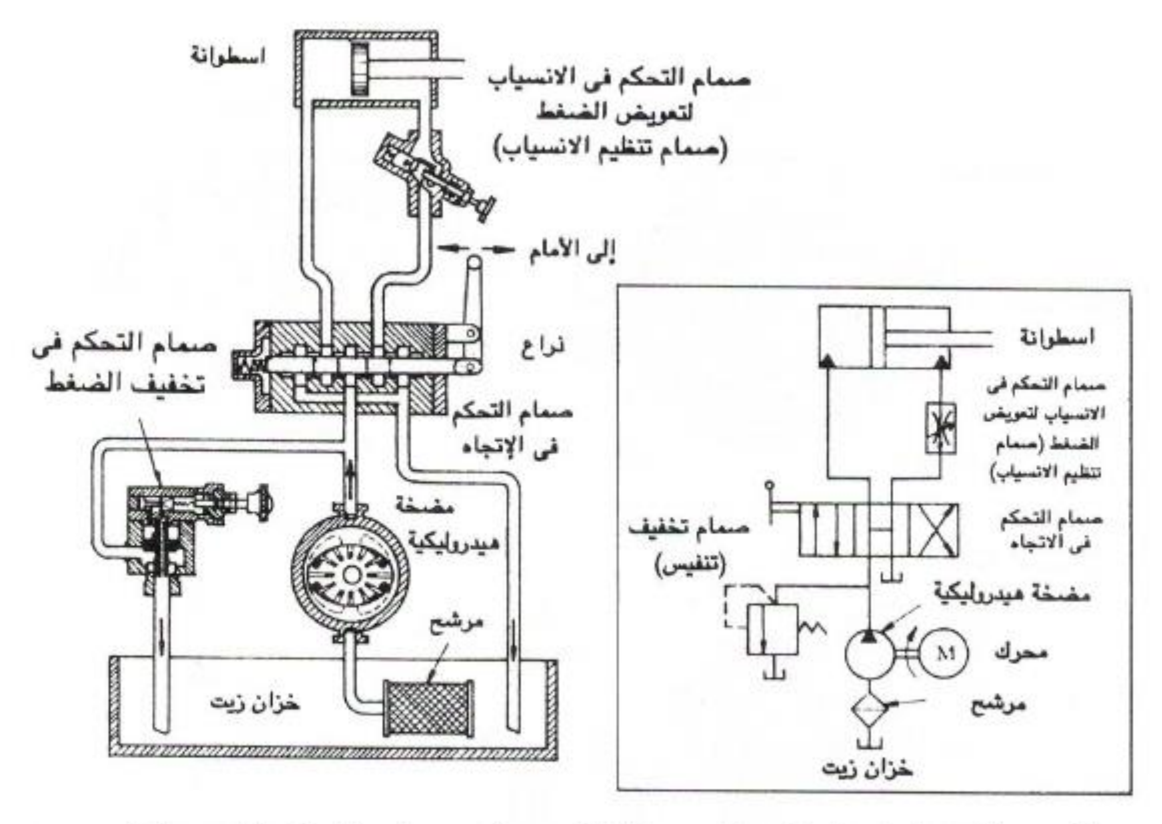
(أ) المضخة الهيدروليكية Hydraulic Pump

تشمل المضخات الهيدروليكية ، مضخة ذات ريش ، وذات تروس وذات كباس وأنواع أخرى . ويبين الشكل ٨-٢٣، تكوين هذه المضخات .

(ب) المُشغِّل الهيدروليكى Hydraulic Actuator

يحول المُشغل الهيدروليكى الطاقة الهيدروليكية التي تعطيها المضخة الهيدروليكية إلى طاقة ميكانيكية مثل الحركة الخطية والدورانية . وتنقسم المُشغلات الهيدروليكية إلى اسطوانات هيدروليكية تؤدي الحركة الخطية ، والمحركات الهيدروليكية وتؤدي الحركة الدورانية. وتشمل المحركات الهيدروليكية ، محركات ذات ريش ، وذات تروس ، وذات كباس وأنواع أخرى . ويتشابه تركيبها مع المضخات الهيدروليكية .

تقوم المضخة الهيدروليكية برفع الزيت الهيدروليكى ، ويغير الزيت اتجاه الحركة للاسطوانة الهيدروليكية عن طريق التشغيل اليدوي لصمام التحكم فى الإتجاه ، ويقوم صمام تنظيم الانسياب بضبط كمية الزيت فى الاسطوانة ويتحكم فى سرعة حركة الاسطوانة (بسرعة أو ببطء) . ويقوم صمام التحكم فى تخفيف الضغط باستعادة الزيت المتبقي إلى خزان الزيت .

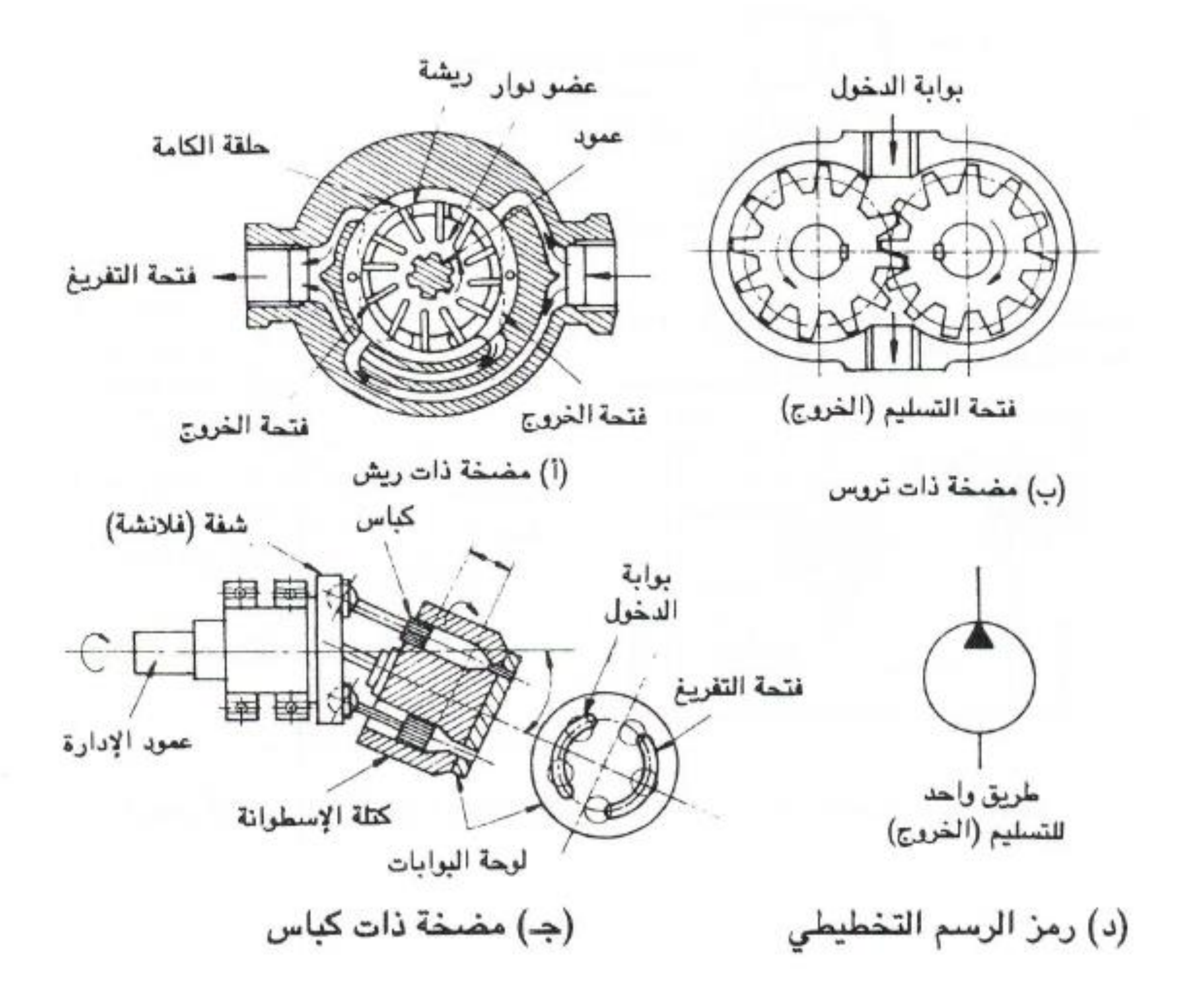


ب- الرسم التخطيطى للدائرة الهيدروليكية أ- معدات التحكم الهيدروليكى

الشكل ٨ – ٢٢ مفتاح تحكم هيدروليكى والرسم التخطيطى للدائرة الهيدروليكية

مضخة ذات ريش : عندما تدور الريش (الموضوعة فى فتحات في العضو الدوار) إلي الخارج بقوة الطرد المركزية ويزيد ضغط الزيت بعد ذلك فى جانب فتحة التفريغ للمضخة ، تدور الريش وهي تضغط على حلقة الطاقة . ويعمل تغير حجم الفراغ لكل ريشة كمضخة .

مضخة ذات كباس : توجد بوابة الدخول وفتحة التفريغ على لوحة البوابات وتعمل هذه البوابات بالحركة الترددية للكباس مع دوران عمود الإدارة . وفى الشكل (جـ) ينتهي الكباس من السحب الآن (الناحية العلوية) ، ويبدأ بعد ذلك في دفع الزيت ، يبدأ الكباس (الناحية السفلية) في السحب ويوجد خمسة كباسات تعمل على سحب أو دفع الزيت كل نصف دورة . وبهذا يتحقق دوران للزيت بدون حدوث موجات (تذبذب)



الشكل ٨ – ٢٣ المضخة الهيدروليكية

ويبين الشكل ٨-٢٤، اسطوانة هيدروليكية تعمل في اتجاهين، يمكنها أن تحرك المكبس حركة ترددية بتغيير إدخال الضغط الهيدروليكي على جانبى المكبس بالتبادل .

(جـ) صمام التحكم Control Valve

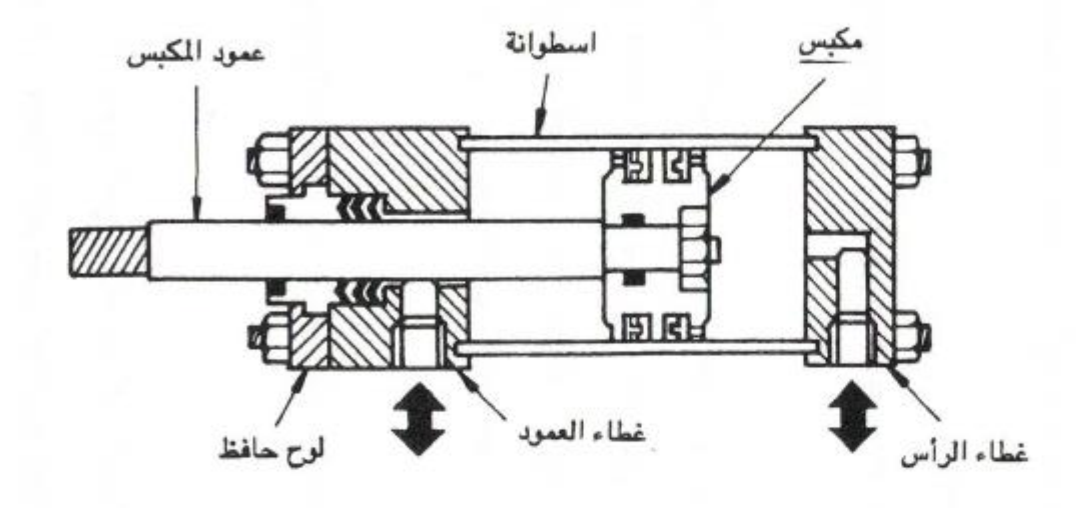
يستخدم الصمام للمحافظة على ضغط ثابت داخل دائرة هيدروليكية للتحكم في الانسياب وتغيير اتجاهه .

صمام التحكم في الضغط : والنوع النموذجي له هو صمام تنفيس. فيمنع هذا الصمام زيادة الحمل في المعدات الهيدروليكية ، ويعيد جزءاً من الزيت أوتوماتيكيا إلى الخزان للتحكم في ثبات الضغط ،وذلك لمنع الضغط داخل الدائرة من تخطي أقصى ضغط . وتبين الأشكال ٨-٢٥(أ)، ٨-٢٥(ب)، صمام تنفيس ذا فعل مباشر وآخر يستخدم مكبس توازن .

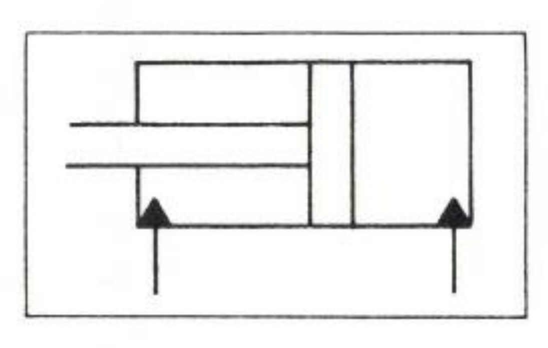
صمام التحكم في الانسياب : ويضبط هذا الصمام الانسياب وذلك للتحكم في سرعة الإسطوانة الهيدروليكية أو المحرك الهيدروليكى .

ويبين الشكل ٨-٢٦(أ) ، ٨-٢٦(ب) صمام خانق ذا تركيب بسيط وصمام تحكم في الانسياب بصمام تعويض للضغط داخل الصمام .

صمام التحكم في الاتجاه : وهو يتحكم في المشغل الميكانيكي الهيدروليكي من حيث بدء العمل والتوقف وتغيير الاتجاه .



(أ) النوع ذو الفعل المزدوج



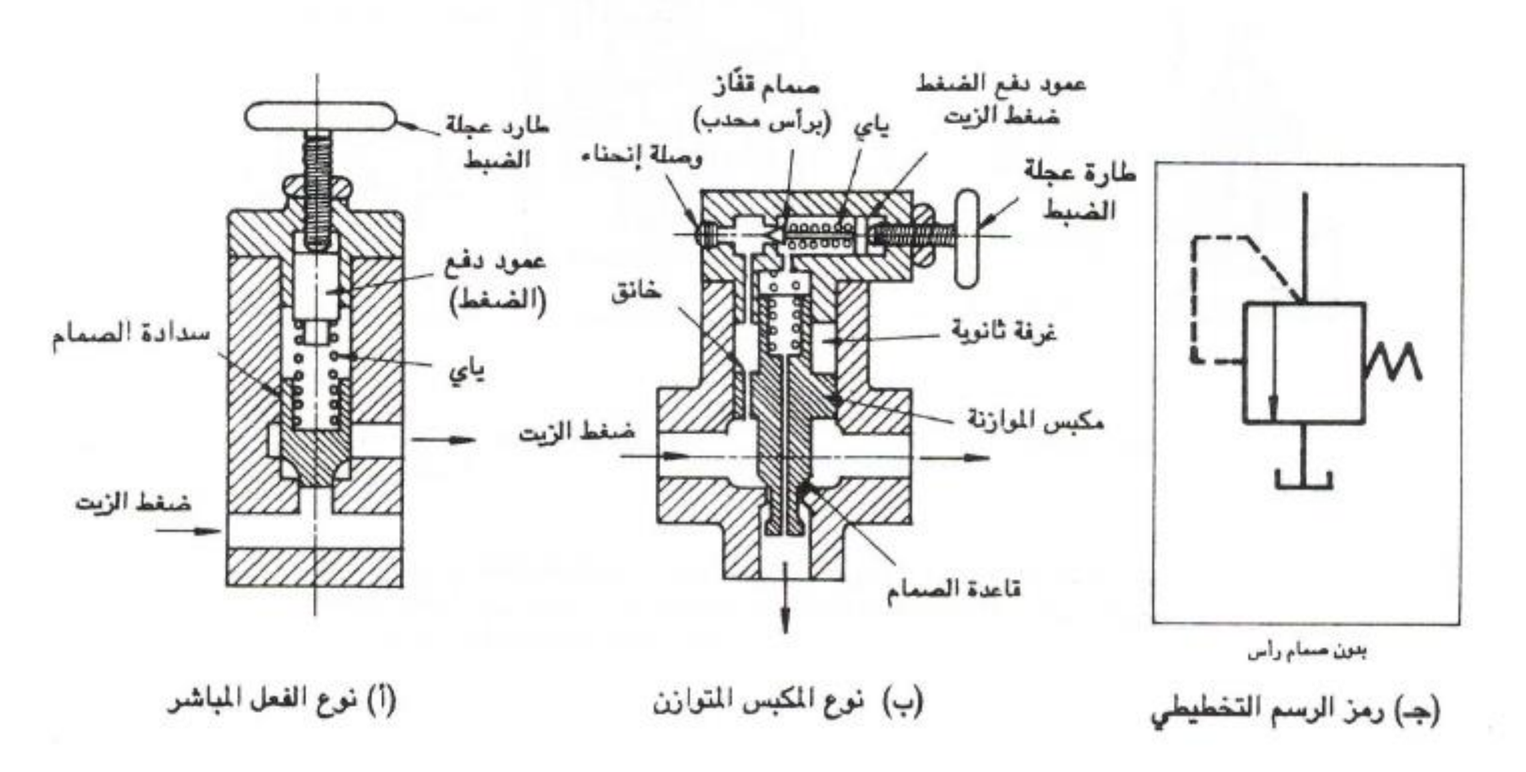
(ب) رمز الرسم التخطيطي

الشكل ٨ – ٢٤ أسطوانة هيدروليكية

في الشكل (أ) يزيد ضغط الزيت عن الضغط المضبوط ، فيتحرك الياى للخلف ، حيث يعمل ضغط الزيت على دفع سدادة الصمام لأعلى. ولذلك يستعيد الزيت الفتحة غير المطوية بين الألواح . وينساب بعض الزيت إلى الخزان وهو محمى حتى لا يرتفع ضغط الزيت أعلى من صمام الضغط المضبوط ، ويبقى ثابتاً وهو ذو شكل بسيط وصغير نسبياً بالمقارنة مع سعته ، ولكن هناك تخطياً كبيراً للضغط مما يسهل حدوث ظاهرة الارتجاج كنوع من الفشل .

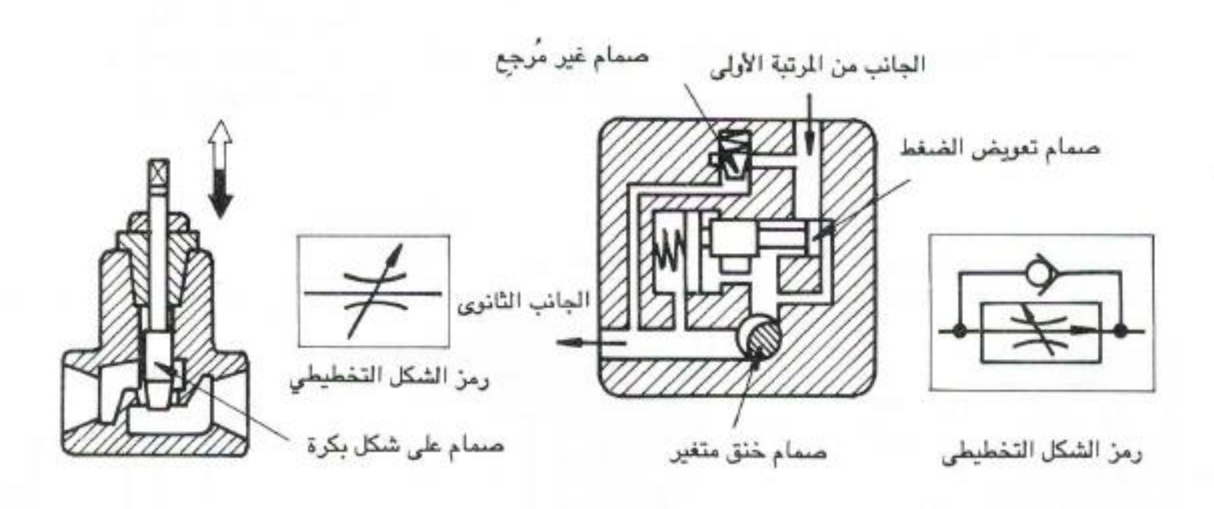
فى الشكل (ب) يزيد ضغط الزيت عن الضغط المضبوط ، فينساب الزيت خلال الخانق والغرفة الثانوية ويؤثر على نقطة الرأس للصمام القفاز (يؤثر الياى بضغط على الصمام) ويتحرك الصمام القفّاز للخلف ، وينساب الزيت خلال الجزء الاوسط لمكبس الموازنة الى الخزان وفي هذا الوقت يكون هناك ضغط فرقي أمام وخلف الخانق ، وبهذا يندفع المكبس إلي أعلى إلى الغرفة الثانوية حيث تصبح ذات ضغط منخفض وتفتح سدادة الصمام . ويمر بعض الزيت إلى الخزان و يبقى على الضغط المضبوط ، وهذا النوع أفضل فى الأداء من النوع (أ)

* المقصود هنا : الفرق بين الضغط المضبوط والضغط (ضغط التكسير) عندما يعمل الصمام ويبدأ بعده ظهور زيت .
* ظاهرة الارتجاج : نوع من ظاهرة الاهتزاز بالإثارة الذاتية ، عندما يصطدم صمام التخفيف أو غيره بقاعدة الصمام ويصدر صوتاً عالياً نسبياً .



(أ) نوع الفعل المباشر (ب) نوع المكبس المتوازن (جـ) رمز الرسم التخطيطي

الشكل ٨ – ٢٥ صمام تنفيس (تخفيف) Relief Valve



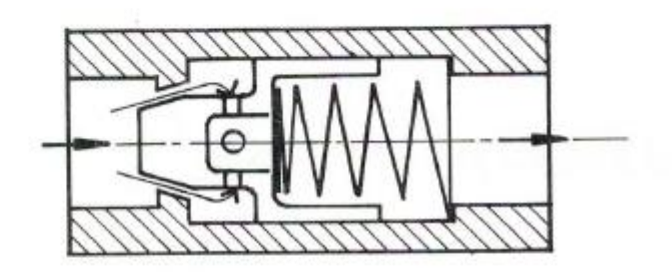
(ب) صمام التحكم فى الانسياب ذو صمام تعويض الضغط

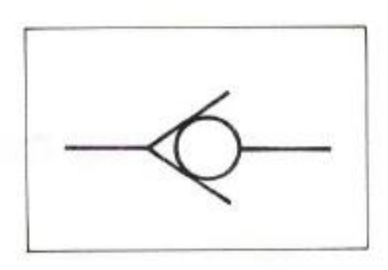
(أ) صمام خنق

الصمام الخانق في الشكل (أ) يتحكم فى مرور التفريغ عن طريق تغيير مساحة مقطع الخانق ، وصمام التحكم فى الانسياب فى الشكل (ب) ذو صمام تعويض الضغط للمحافظة على مرور ثابت للتفريغ ، حتى فى حالة حدوث تمور (تموج) حول صمام التحكم .

الشكل ٨ – ٢٦ صمامات التحكم في الانسياب

ويبين *الشكل ٨-٢٧* ، *الصمام الذي* يسمح بانسياب *الزيت* في *أحد الاتجاهات* ومنعه من الانسياب في الاتجاه العكسى .



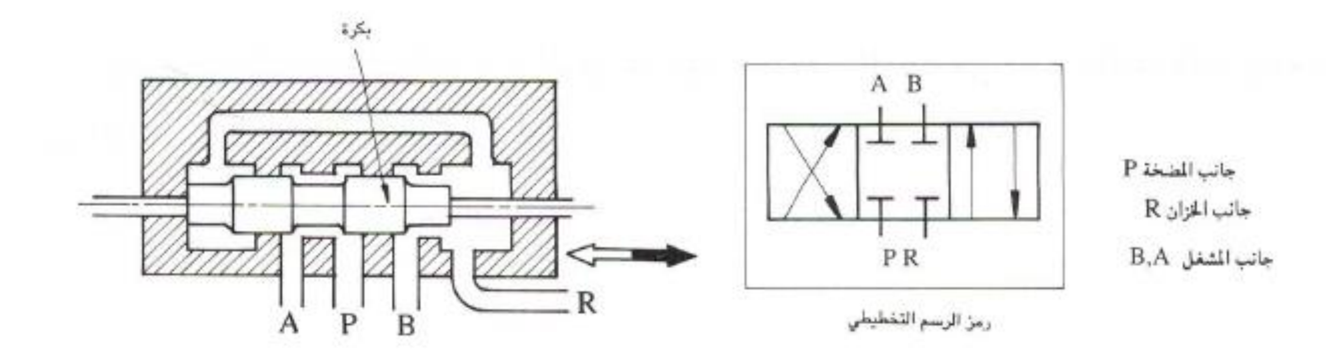


رمز الرسم التخطيطي

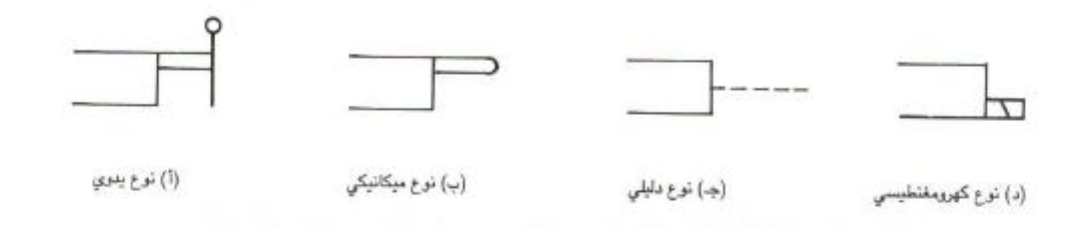
الشكل ٨ – ٢٧ صمام غير مُرْجِع Check Valve

ويبين الشكل ٨-٢٨، صمام تحويل ذا أربع بوابات وثلاثة أوضاع، ويسمى صمام ذا بكرة . وهذا الصمام له أربع بوابات (فتحات) تصل مابين الصمام وخط المضخة الرئيسية، وثلاثة أوضاع لآليات صمامات لتغيير اتجاه الانسياب الذى يتم اختياره . ويبين الشكل ٨-٢٩ التشغيل لاختيار الاتجاه بتحريك البكرة في الاتجاه المحورى .

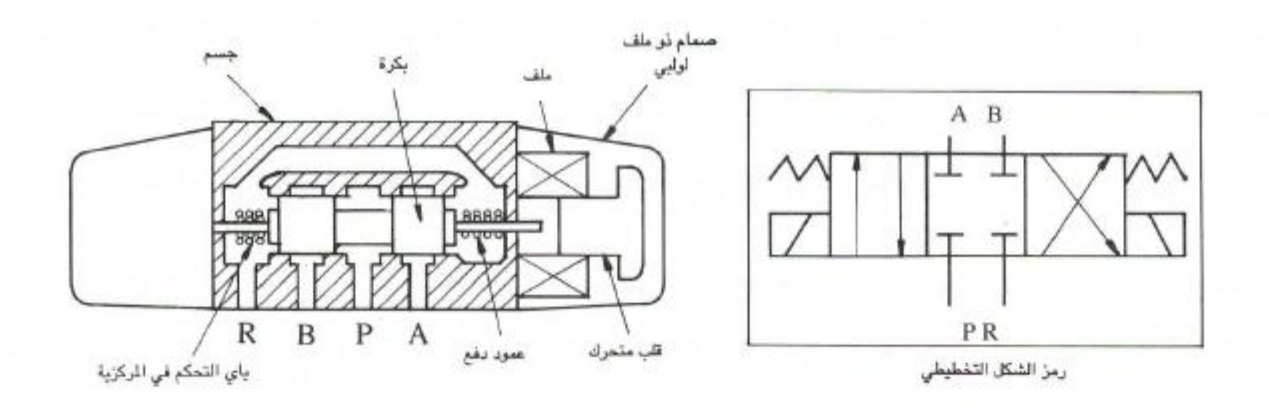
ويبين شكل ٨-٣٠ مثالا لصمام اختيار كهرومغنطيسي ذي أربعة بوابات، ويسمى صمام ذا ملف لولبي، ويستخدم بكثرة في الماكينات الأوتوماتيكية التي تستخدم أنظمة هيدروليكية .



الشكل ٨–٢٨ صمام تحويل ذو أربع بوابات وثلاثة أوضاع



الشكل ٨–٢٩ عمل صمام تحويل الاتجاه



الشكل ٨–٣٠ صمام اختيار كهرومغنطيسي ذو أربع بوابات

٨-٢-٣ بناء دائرة تتابع هيدروكهربائية

بشكل عام ، للتجميعة الهيدروكهربائية ، خصائص ممتازة . فتتفوق الكهرباء في معالجة ونقل الإشارة . ويتفوق الضغط الهيدروليكي في دقة الموضع ، وضبط السرعة وقوة تشغيل كبيرة . ولذلك ، فالكهرباء مناسبة في الأجزاء الخاصة بإعطاء الأوامر المناسبة والكشف والتحكم ، بينما يكون الضغط الهيدروليكي مناسباً في جزء التشغيل . وتستخدم خصائص هذا الدمج بكثرة في الآلات الصناعية وآلات التشغيل . ويبين الشكل ٨-٣١ ، طريقة بناء دوائر تتابع هيدروكهربائية.

وفيما يلي : سندرس إنشاء دوائر وفقا لأساليب البناء الخاصة بدائرة الاسطوانة الترددية أوتوماتيكياً.

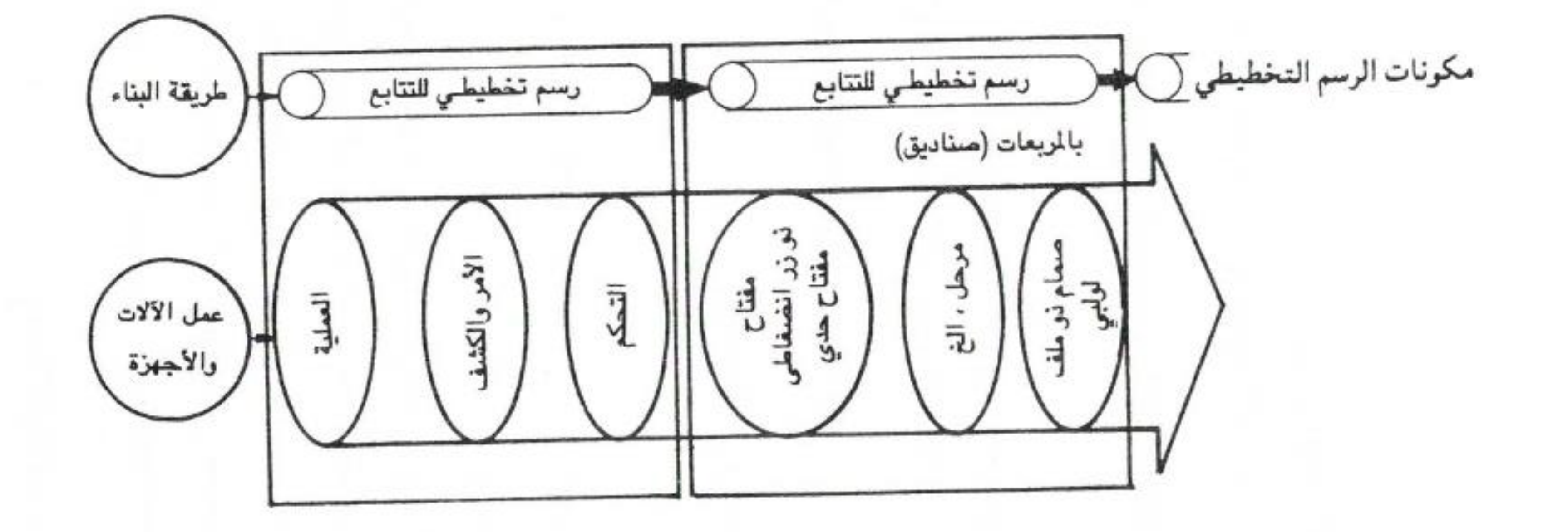
[١] دائرة اسطوانة (مكبس) أوتوماتيكياً

Automatic Cylinder Reciprocal Circuit

يتم بناء دائرة التتابع لمكبس يتردد أوتوماتيكياً في مشوار بين مفتاح حديّ LS ، عند النهاية الأمامية للمكبس والحركة الخلفية لمكبس الدائرة الهيدروليكية، كما هو مبين في الشكل ٨-٣٢، وفقًا للشكل ٨-٣١ .

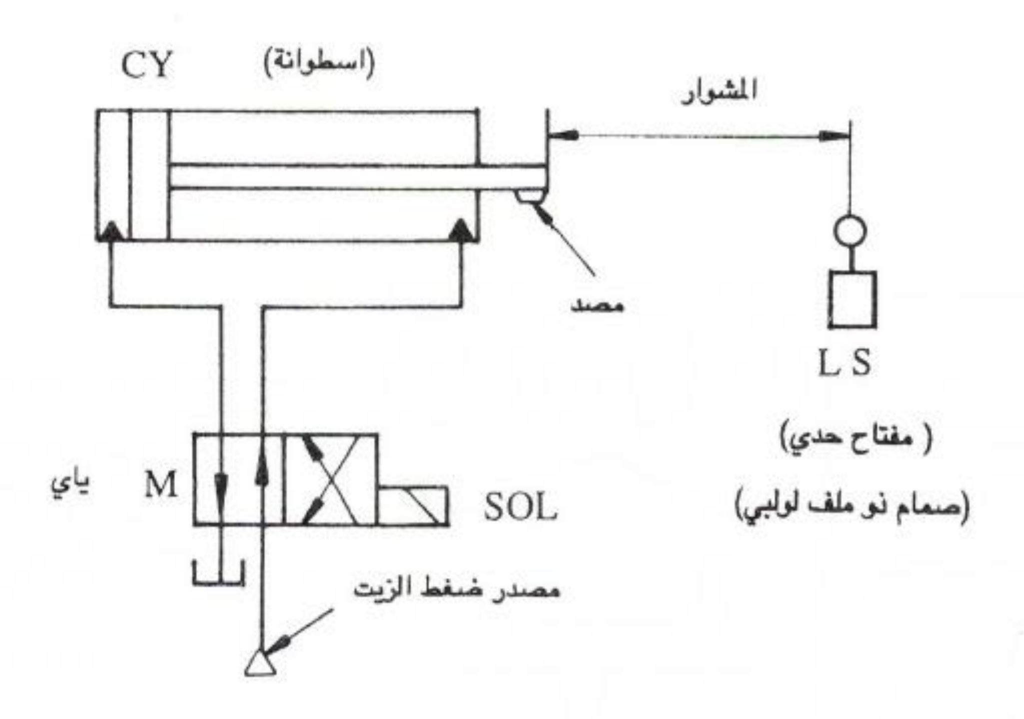
المرحله I : إنشاء مخطط التتابع Creating Sequence Chart

يتم إنشاء مخطط التتابع المبين في الشكل ٨-٣٣، باستخدام الرسم التخطيطي للدائرة الهيدروليكية الموجودة في الشكل ٨-٣٢ .



الشكل ٨ – ٣١ طريقة بناء دوائر تتابع هيدروكهربائية

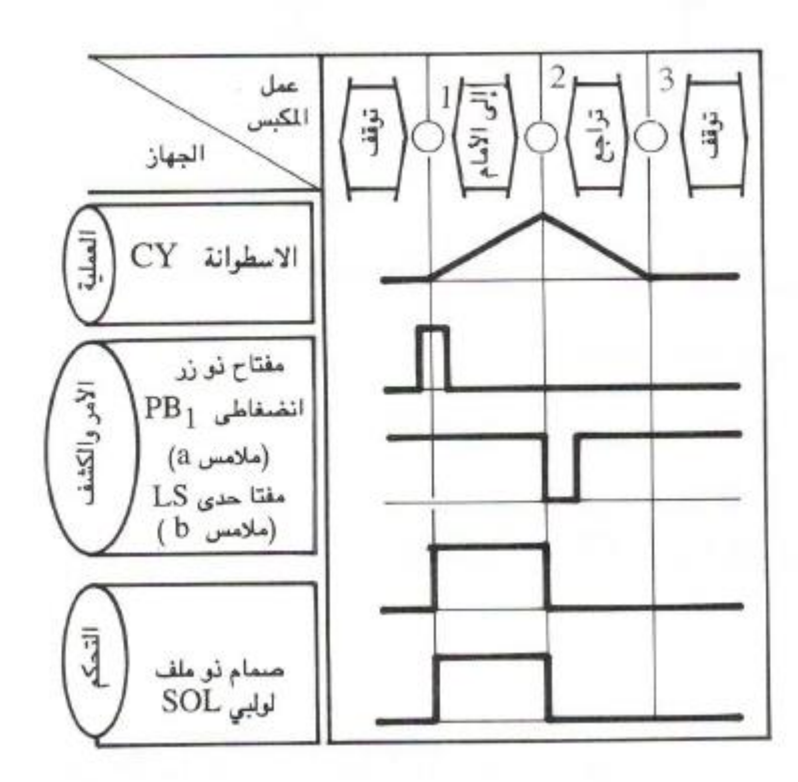
١- يتردد المكبس في مشوار بين المفتاح الحدى LS والمصد
٢- يعطى المفتاح ذوالزر الانضغاطى PB_1 أمراً ،فيتحرك المكبس للأمام ويكشف المفتاح الحدي LS نهايته الأمامية .
٣- يتحرك المكبس للأمام عند تيار الصمام ذو الملف اللولبى .



الشكل ٨ – ٣٢ دائرة هيدروليكية

في البداية ، يدوّن عمل المكبس في جزء التشغيل للاسطوانة . ثم، ينفذ أمر تحرك المكبس للأمام عن طريق المفتاح الانضغاطى PB_1، ويقوم المفتاح الحدى LS بالكشف عن النهاية الأمامية للحركة. ويتم إدخال هذه الحالة في المخطط. ويكون جزء التحكم مرضياً عندما يثار الصمام ذو الملف اللولبي فقط في المشوار الذى يتحرك فيه المكبس للأمام ويجب أن يكون المرحلR الذى يقوم بالتحكم ، محتجزاً ذاتياً أثناء هذه الفترة.

وبتدوين هذه الحالة ، يمكن إنشاء مخطط التتابع ، المبين في الشكل ٨-٣٣ .



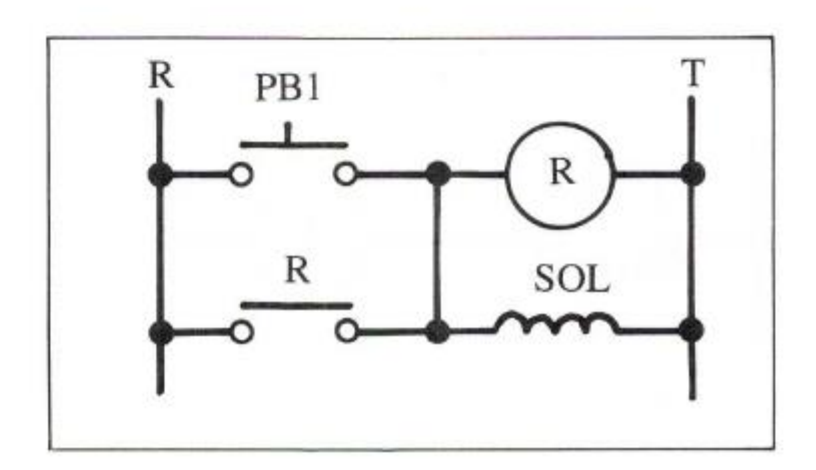
تبين الأجزاء المحدبة "الأعمال"، وقد تم رسم خط المفتاح الانضغاطى كما لو كان واقفاً على خط رأسي وقد تم رسم خطوط المفاتيح الحدية كالاتى : جزء البداية كما لو كان على خط رأسي ، والجزء الأخير كما لو كان مرحلاً لليمين من ألخط الرأسي . وقد تم رسم المرحل والصمام ذي الملف اللولبي على الخط الرأسي .

الشكل ٨–٣٣ مخطط التتابع

المرحله II : إنشاء الرسم التخطيطى للتتابع بالمربعات

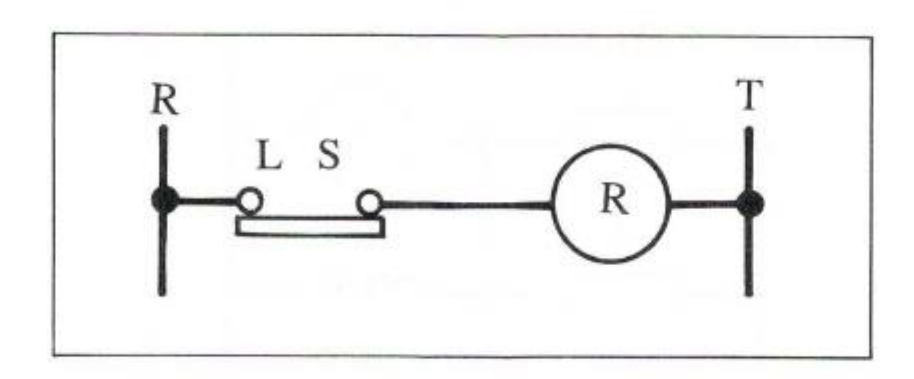
في المربعات (١) - (٢) ، دعنا نفكر فقط في الجزء الذى يرتفع عند الخط الرأسي (١) في مخطط التتابع المبين في الشكل ٨-٣٣.

عند الخط الرأسى (١)، يبين الرسم البياني بدء عملية الضغط على المفتاح الانضغاطى PB_1 ، في الجزء «أمر - كشف» . ويبين جزء التحكم عملية إثارة المرحل R والصمام ذي الملف اللولبى SOL . وبالضغط على المفتاح PB_1 ، يصبح المرحل R محتجزاً ذاتيا، ويثار المرحل SOL ليحرك المكبس إلى الأمام . والشكل ٨-٣٤، هو الرسم التخطيطى للتتابع لهذه السلسلة من العمليات .



الشكل ٨-٣٤ الرسم التخطيطي للتتابع بالمربعات (١) - (٢)

وفي المربعات (٢) – (٣) ، وبالمثل عند على الخط الرأسي (٢)، في الرسم التخطيطي ، يظهر بدء تشغيل المفتاح الحدى LS الخاص بجزء "أمر – كشف" . كما يبين انتهاء عملية فك الاحتجاز الذاتي للمرحل R وإزالة تمغنط الصمام ذي الملف اللولبى SOL . وعند فك المرحل R – في جزء التحكم – من الاحتجاز الذاتى عن طريق LS ليعمل على إزالة تمغنط SOL، تتحرك البكرة عن طريق قوة الاستعادة للياى الموجود في الصمام لتغير الاتجاه الهيدروليكي، بحيث يتحرك المكبس إلى الخلف أوتوماتيكياً. ويفك LS الاحتجاز الذاتى للمرحل R ويعمل على إزالة تمغنط SOL. والشكل ٨–٣٥، هو الرسم التخطيطى للتتابع لهذه العمليات .



الشكل ٨–٣٥ الرسم التخطيطي للتتابع بالمربعات (٢) –(٣)

المرحله III إنشاء رسم تخطيطي للتتابع

يمكن الحصول على الرسم التخطيطي المبين في الشكل ٨-٣٦(أ) من تكوين الأشكال ٨-٣٤ ، ٨-٣٥. والشكل ٨-٣٦(ب)، هو الرسم التخطيطى للتتابع، لفك الاحتجاز الذاتى للمرحل R، وإزالة تمغنط SOL وتحريك المكبس للخلف ،وذلك بالضغط على PB_2 عند حدوث مشكلة أثناء التحرك للأمام .

[٢] دائرة ترددية أوتوماتيكية لعدة إسطوانات

تنشأ دائرة لتقوم بالتتابع بتحريك مكبس الاسطوانة cyA للأمام (+)، وتحريك مكبس الاسطوانة cyB للأمام (+) ، وتحريك مكبس الاسطوانة cyA للخلف (-) ، وتحريك مكبس الاسطوانة cyB للخلف (-)، وذلك في الدائرة الهيدروليكية المبينة في الشكل ٨-٣٧ .

المرحله I إنشاء مخطط التتابع

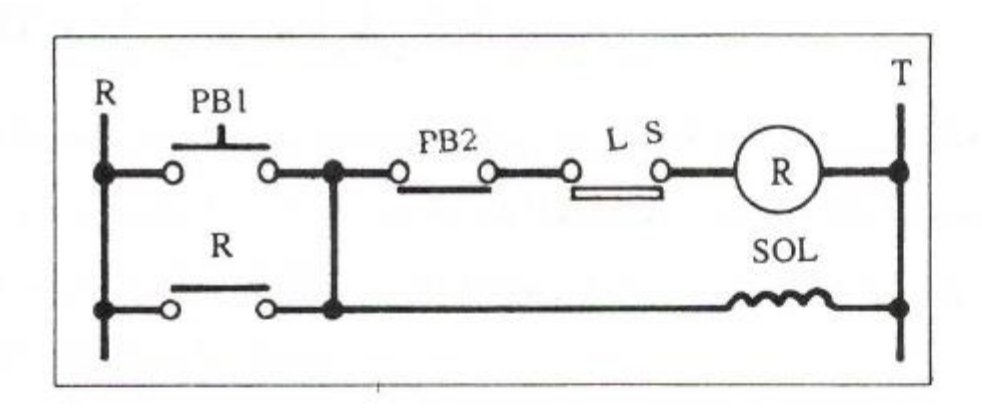
دعنا ننشيء مخطط التتابع للمعدة في الرسم التخطيطي للدائرة الهيدروليكية المبينة في الشكل ٨-٣٧ ،(انظر I في الشكل ٨-٣٨) .

المرحله II إنشاء رسم بيانى للتتابع بالمربعات

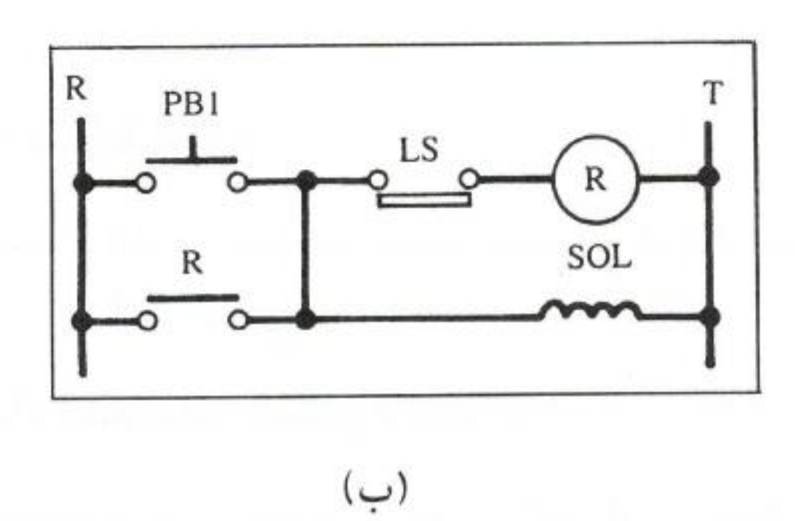
دعنا ننشيء مخططات التتابع لجميع المربعات ، (أنظر II في الشكل ٨-٣٨).

المرحله III إنشاء مخطط التتابع

كوِّن كل رسم تخطيطى للتتابع بالمربعات . وبالضغط على المفتاح الانضغاطى PB ، يصبح المرحل R_1 محتجزاً ذاتياً ، ويُثار الصمام ذو الملف اللولبيSOL_1 ليحرك مكبس الاسطوانة cyA للأمام (المربعات (١)-(٢)).

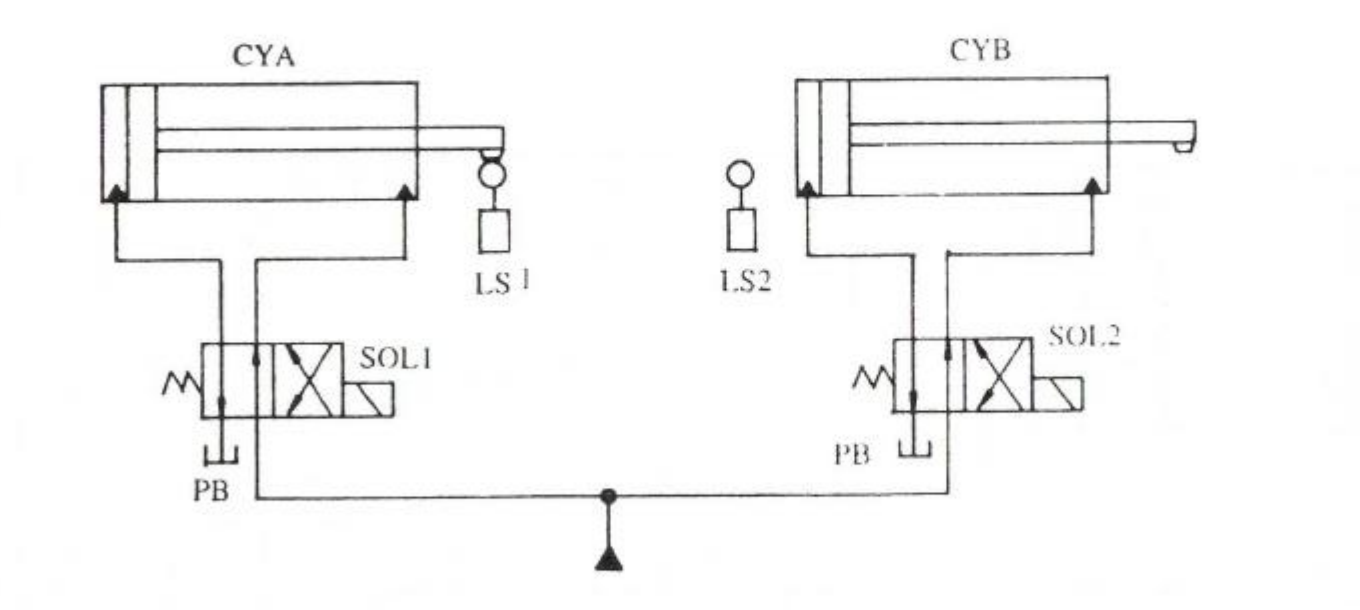


(أ)



(ب)

الشكل ٨-٣٦ الرسم التخطيطى للتتابع لاسطوانة ترددية أوتوماتيكيا

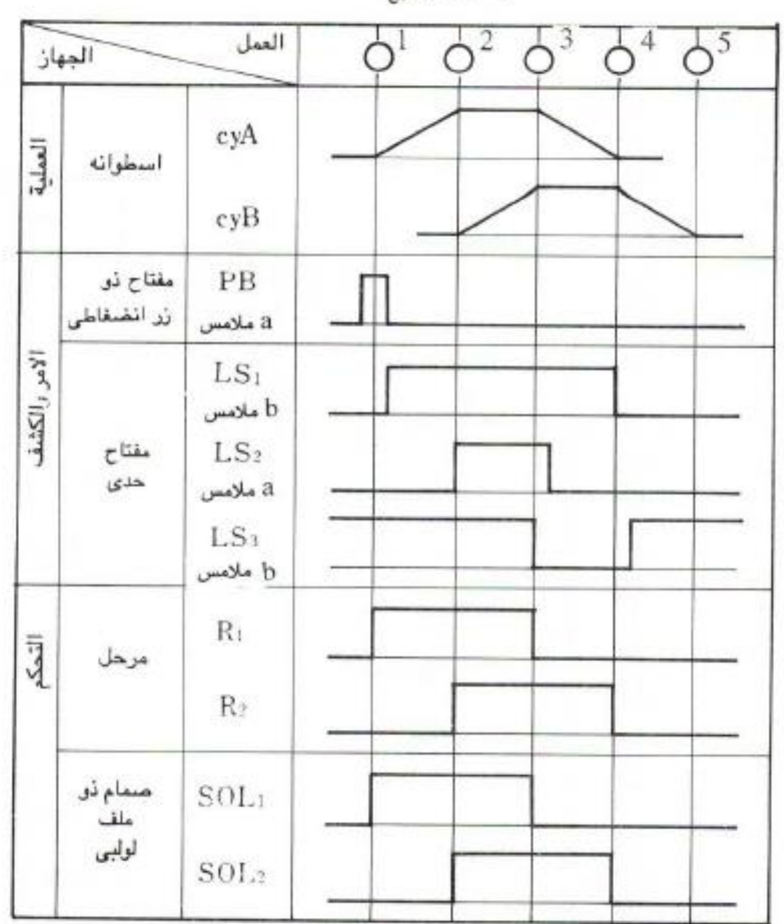


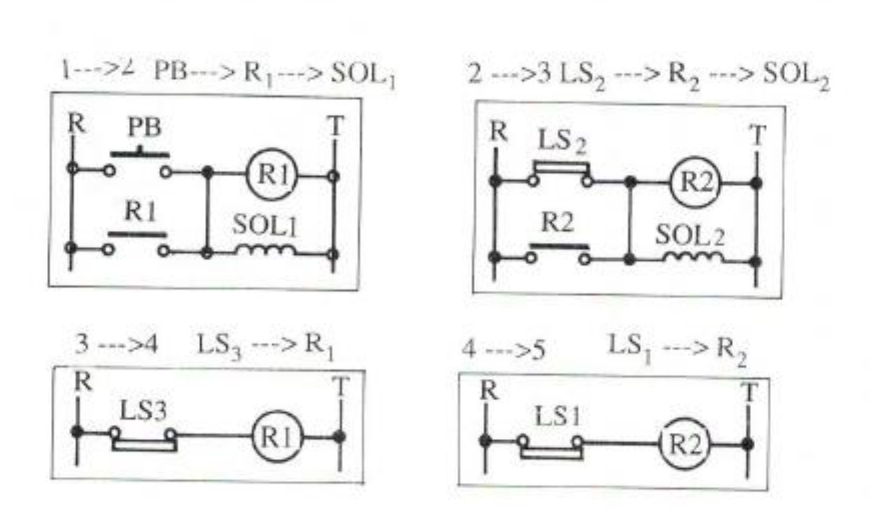
١- الاسطوانة cyA (الجزء العامل) تترد د بين LS_2 ، LS_1 وتتردد الإسطوانة cyB بين LS_3 والنهاية الخلفية للمكبس

٢- يعطى المفتاح ذو الزر الانضغاطى PB أمراً لتحريك الاسطوانة cyB إلى الأمام ، ويكشف LS_2 من نهايتها الأمامية ، ويعطى LS_2 أمراً لتحريك الأسطوانة cyB إلى الأمام ، ويكشف LS_3 عن نهايتها الأمامية .

٣- عندما يعمل LS_3 تزال مغنطيسية الصمام ذى الملف اللولبى SOL_1 وتعود الأسطوانة cyBللخلف ، ويعمل LS_1 ثم تزال مغنطسية SOL_2 ، فيعود مكبس الاسطوانة cyB للخلف .

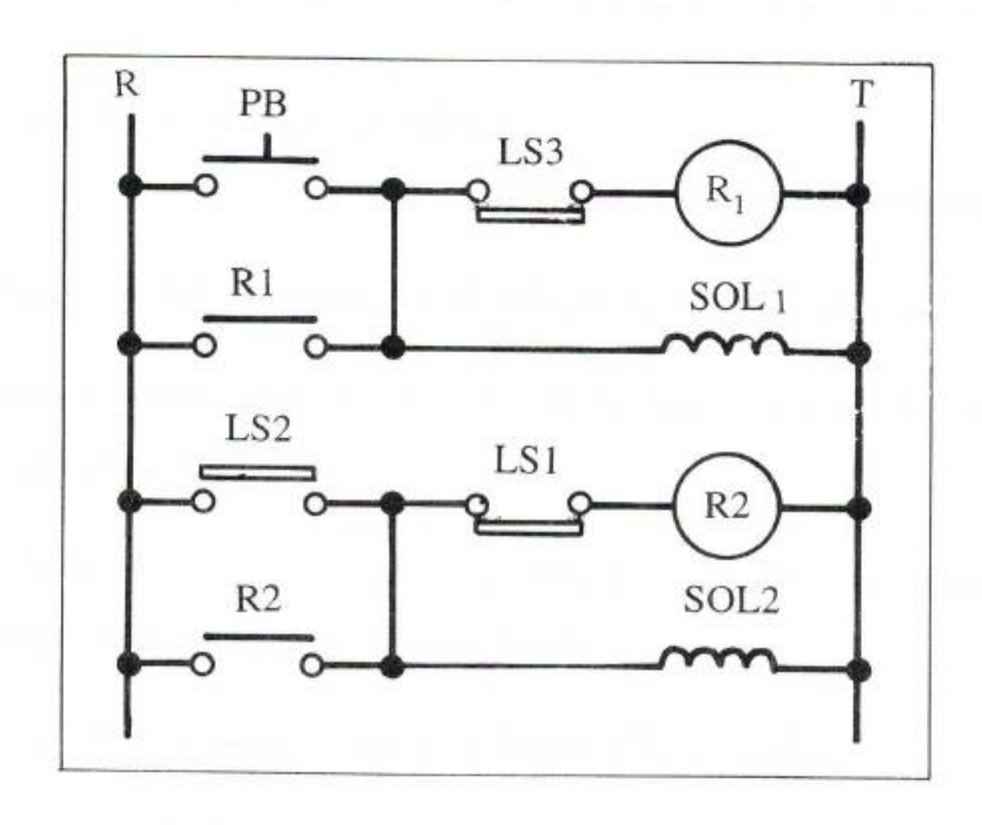
الشكل ٨ – ٣٧ دائرة هيدروليكية (A+B+ A- B-)





الشكل ٨–٣٨ مخطط التتابع والرسم التخطيطى للتتابع بالمربعات

ثم يعمل المفتاح الحدى LS_2 ليقوم بالاحتجاز الذاتي للمرحل R_2 ، ليثير الصمام SOL_2 ويحرك مكبس الاسطوانة cyB للأمام (المربعات (٢) - (٣)). ثم يفك LS_3 الاحتجاز الذاتي للمرحل R_1، ويعمل على إزالة تمغنط SOL_1 أيضا ويحرك مكبس cyA للخلف (المربعات(٣) - (٤)). وأخيرا يفك LS_1 الاحتجاز الذاتى للمرحل R_2 ، ويعمل على إزالة تمغنط SOL_2 ويحرك مكبس الاسطوانة cyB للخلف ليكمل العملية (المربعات (٤)-(٥)).
يكتمل الشكل ٨-٣٩ ، عند التعبير عن سلسلة هذه العمليات في رسم تخطيطي للتتابع .



الشكل ٨-٣٩ الرسم التخطيطي للتتابع

وتتماثل طريقة إنشاء دوائر التتابع الكهربائية بالهواء المضغوط مع ما سبق من طرق

تمرين٣

صمم دائرة مستمرة ترددية أوتوماتيكيا مستخدما مفتاح حدي LSo،
بحيث يعمل عندما يتحرك المكبس للخلف في الدائرة الهيدروليكية المبينة
فى الشكل ٨-٣٢ .

٨-٢-٤ دائرة تتابع بالنيوماتيه الكامله

Full Pneumatic Sequence Circuit

لضغط الهواء المضغوط الخصائص التالية بالمقارنة مع الضغط الهيدروليكي :

(١) ذو سرعة تشغيل عالية بالرغم من أنه أقل فى الخرج ،وذو دقة في التحكم في السرعة والموضع .

(٢) أفضل في حالة تسرب السوائل إلى الخارج ، وخطر الحريق ، وتلوث البيئة والحدود المسموحة في درجة الحرارة المحيطة .

(٣) الأجهزة والمعدات بسيطة ورخيصة ، والصيانة والإدارة سهلة .

(٤) لا توجد حاجة لدوائر الرجوع ويمكن عمل تفريغ في الهواء الجوي في أى مكان .

(٥) يستخدم نظام الهواء المضغوط بالكامل ، ويحتاج إلى مصدر طاقة واحد ويتفوق خصوصا في الأمان ضد الانفجار.

وتستخدم دوائر النيوماتيه بالكامل في التطبيقات، عندما لا يلزم تحديد مواضع دقيقة أو إستخدام قوة كبيرة، أو في حالة الحاجة إلى سرعة عمل عالية، أو عندما يراد تجنب تسريب زيت. ويمكن إنشاء دوائر تتابع بالهواء المضغوط بالكامل «النوماتي» بنفس الطرق مثل دوائر التتابع الهيدروكهربائية، المبينة في الشكل ٨–٣١. ويبين الجدول ٨–٥، أمثلة لمعدات الهواء المضغوط بالكامل.

أمر ، كشف	صمام بدء صمام دليلي ، الخ
تحكم	صمام رئيسي صمام إضافي ، الخ

الجدول ٨ – ٥ أمثلة لمعدات الهواء المضغوط بالكامل (النيوماتيه)

دائرة ترددية أوتوماتيكية ذات عدة إسطوانات

أنشئْ دائرة لمكبس الاسطوانة cyA ليتحرك إلى الأمام ، ولمكبس الاسطوانة cyB ليتحرك للأمام ، ولمكبس الاسطوانة cyA ليتحرك للخلف ولمكبس الاسطوانة cyB ليتحرك للخلف فى دائرة التتابع بالهواء المضغوط بالكامل ، والمبينة في الشكل ٨–٤٠ . وبفرض أن علامة «+» وعلامة «–» هي للمكبس عند تحركه للأمام وللخلف ، إذن يمكن التعبير عن حركة الاسطوانة بالعلاقة A+B+A-B- أي عن يمين الوضع الأصلي (+) وعن يساره (–) .

وعند توصيل الصمام الأساسي وخط الأنابيب الدليلية ، سنعبر عن الجانب الأيسر والأيمن بـ «+» و «−» .

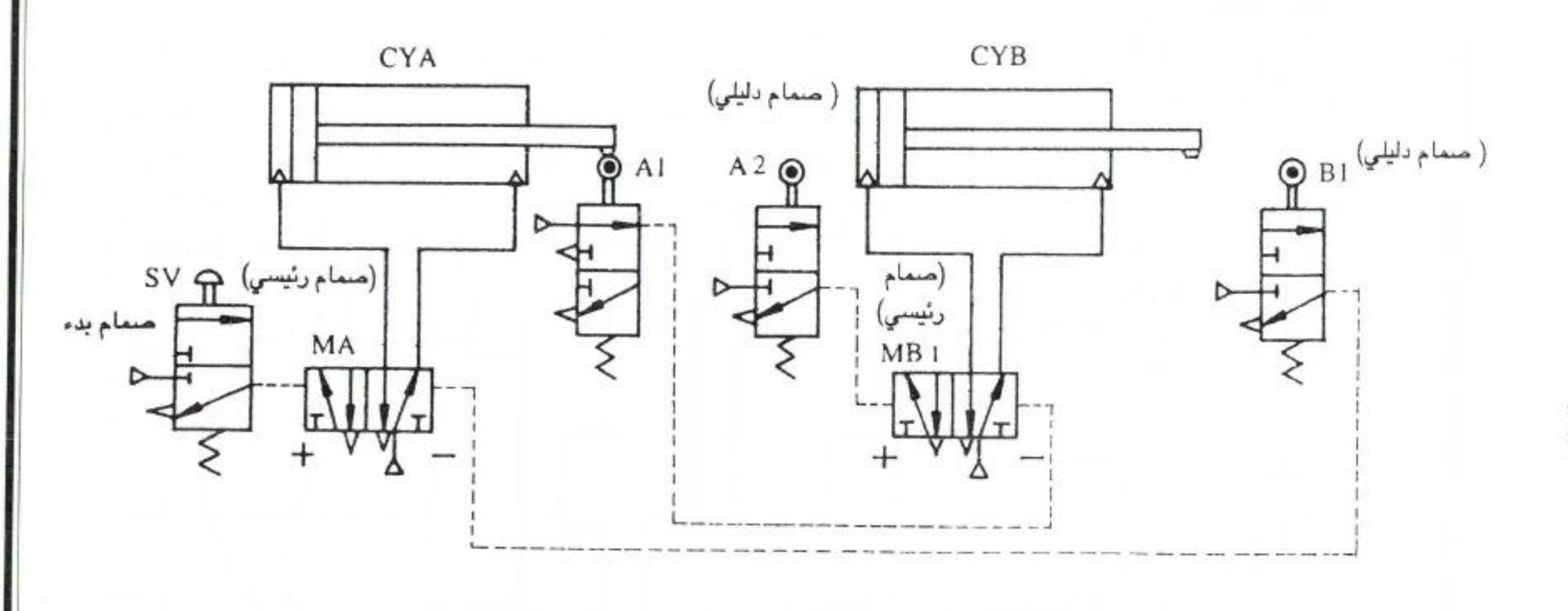
في البداية يتم إنشاء مخطط التتابع . وبعد ذلك، يتم إنشاء رسم تخطيطي للتتابع بالصناديق ، ويتم الحصول على الأنابيب للصمامات الدليلية والرئيسية لاستكمال الدائرة . وتكتمل دائرة التتابع الموجودة في الشكل ٨-٤٠ ،بإكمال توصيل الأنابيب من الصناديق (5)، (2) , (4)، (1) . وتسمى خطوط الأنابيب التي توصل صمامات البدء والصمامات الدليلية مع الصمام الرئيسي بخطوط الأنابيب الدليلية، ويتم بيانها بخطوط منقطة.

تمرين ٤

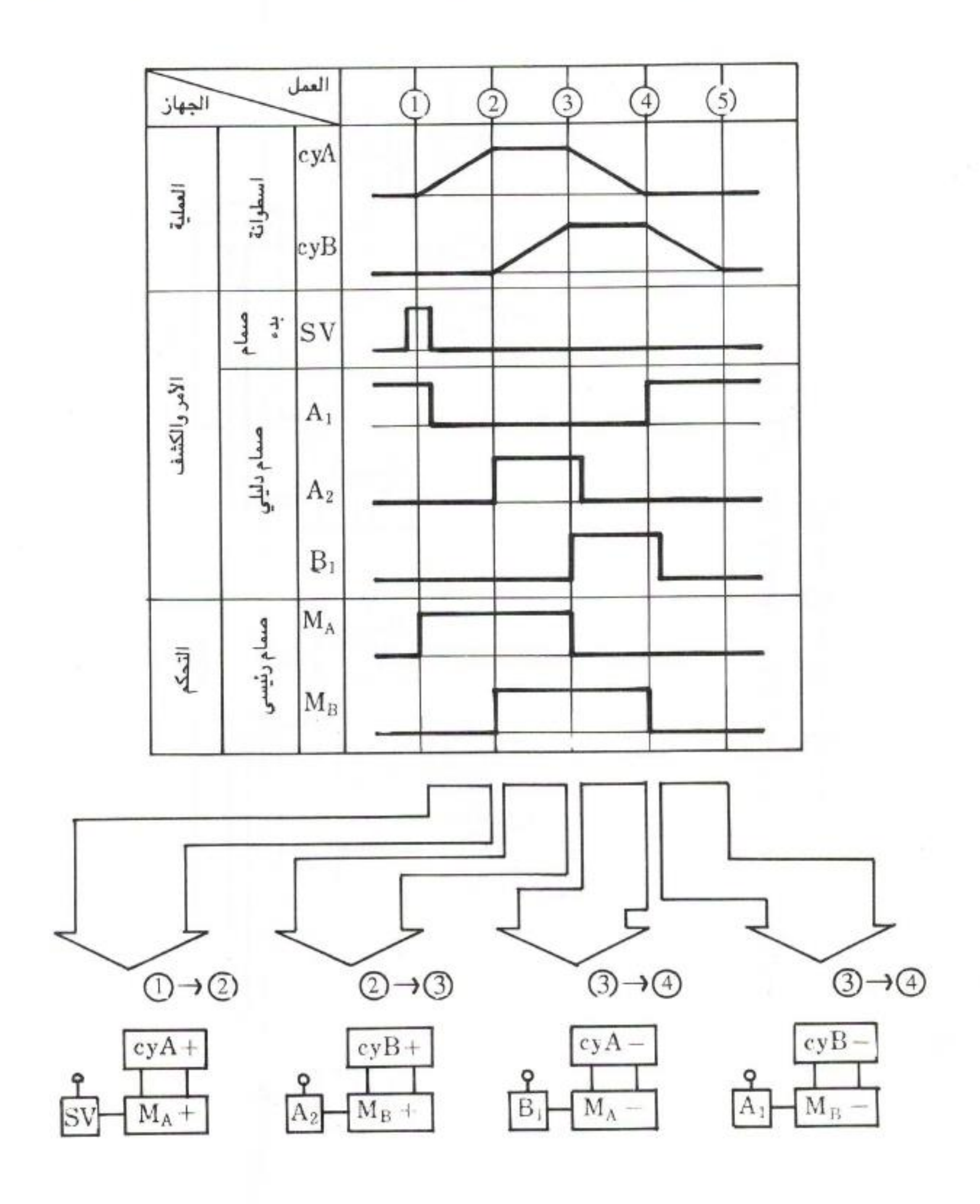
أنشىء دائرة تتابع نيوماتيه بالكامل (-A+B+A-B) باستخدام الاسطوانات cyA، cyB . ستحتاج إلى دائرة (AND) ،(ارجع إلى الفقرة ٤ – الجزء ٢ – الفصل العاشر) باستخدام صمام مساعد .

تمرين ٥

أنشىء دائرة تتابع ترددي أوتوماتيكي مستمر بالهواء المضغوط بالكامل (-A+B+A-B) باستخدام الاسطوانات cyA و cyB .



الشكل ٨ – ٤٠ دائرة تتابع بالهواء المضغوط (نيوماتى) بالكامل
(A + B + A - B -)



الشكل ٨–٤١ مخطط التتابع والرسم التخطيطي للتتابع الصندوقي

تمـــريــنات

١ – يمكن تقسيم الطرق المستخدمة في أنظمة التحكم المتتابع إلى الثلاثة أنواع التالية :

أ) كهربائي ب) هيدروليكى جـ) بالهواء المضغوط (نيوماتي)

اختر الخصائص المناظرة لهذه الأنظمة من الخصائـــص (١) إلى (٥) التالية :

(١) خطوط أنابيب معقدة .

(٢) ليست دقيقة جداً ، ولكن ينتشر استخدامها كنوع متوسط .

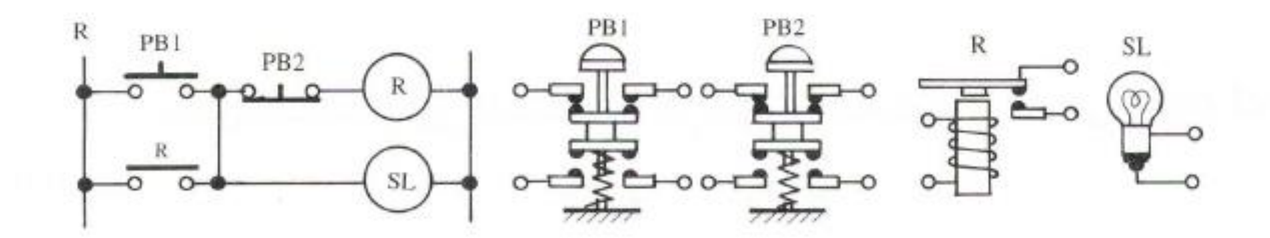
(٣) تولد قوة كبيرة .

(٤) تتفوق في معالجة الإشارات.

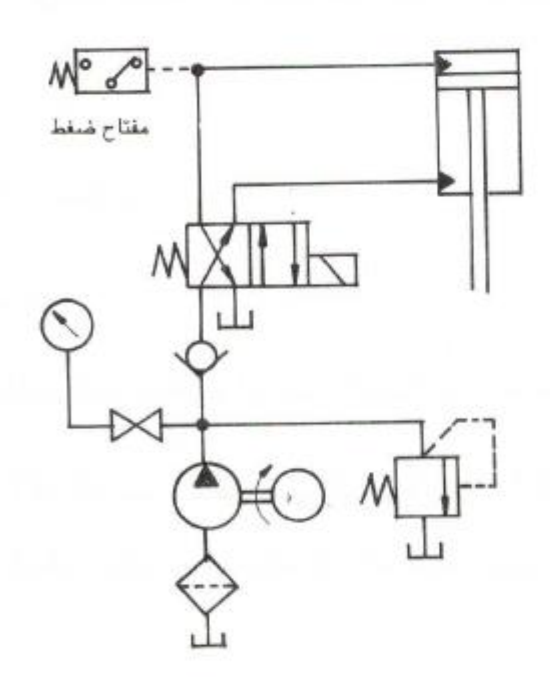
(٥) مناسبة للعمل عن بعد .

٢– صل الأجهزة بخطوط تبعاً لدائرة المرحل المبينة في الشكل ٨–٤٢ .

٣– يبين الشكل ٨ –٤٣، الرسم التخطيطى لدائرة هيدروليكية ذات ضغط ١٠ طن قوة أنشىء رسما تخطيطى للتتابع للتحكم في الدائرة الهيدروليكية.



الشكل ٨–٤٢



الشكل ٨–٤٣

هوامـــش

(١) النوع الآخر عبارة عن نوع التلامس المتبقى ، وهو يحتجز الحالة حتى بدء العملية التالية عند الضغط عليه .

الفصل التاسع

التحكم ذو التغذية المرتدة (الخلفية)
FEEDBACK CONTROL

٩-١ نظام التحكم ذو التغذية المرتدة

٩-١-١ إشارة نظام التحكم ذو التغذية المرتدة

Signal of Feedback Control System

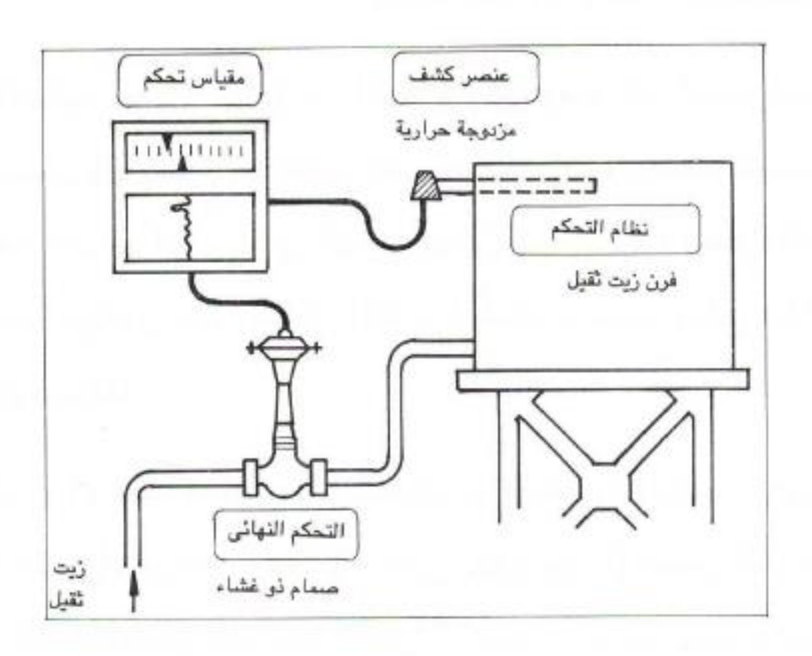
التحكم ذو التغذية المرتدة عبارة عن التحكم الذي يعيد قيم المتغيرات التي يتم التحكم فيها إلى ناحية الدخل لمقارنتها مع القيم المستهدفة، ويقوم بعملية تصحيح لكي تصبحا متماثلتين. وفيه تعاد إشارة الخرج إلى ناحية الدخل للمقارنة مع إشارة الدخل ويتم الضبط ثانية ، نتيجة لذلك . ويكوّن خط انتقال الإشارة حلقة واحدة. وعلى هذا ، يسمى مسار الإشارة الناتج دائرة مغلقة .

ويبين الشكل ٩-١، مثالا بسيطا للتحكم ذو التغذية المرتدة، وهويستبدل إجراء المقارنات واتخاذ القرارات وأداء العمليات التي يقوم بها الإنسان كما في الشكل ٧-٤، بواسطة المنظم ، والصمام ذي الغشاء والأجزاء الأخرى . ويتم تنظيم درجة الحرارة في هذا النظام عن طريق خط انتقال إشارة مغلق كما يلي :

← تقلبات في درجة الحرارة ← مزدوجة حرارية ← تقلبات في كمية الزيت الثقيل ←

→ منظم → صمام منظم → ————————→

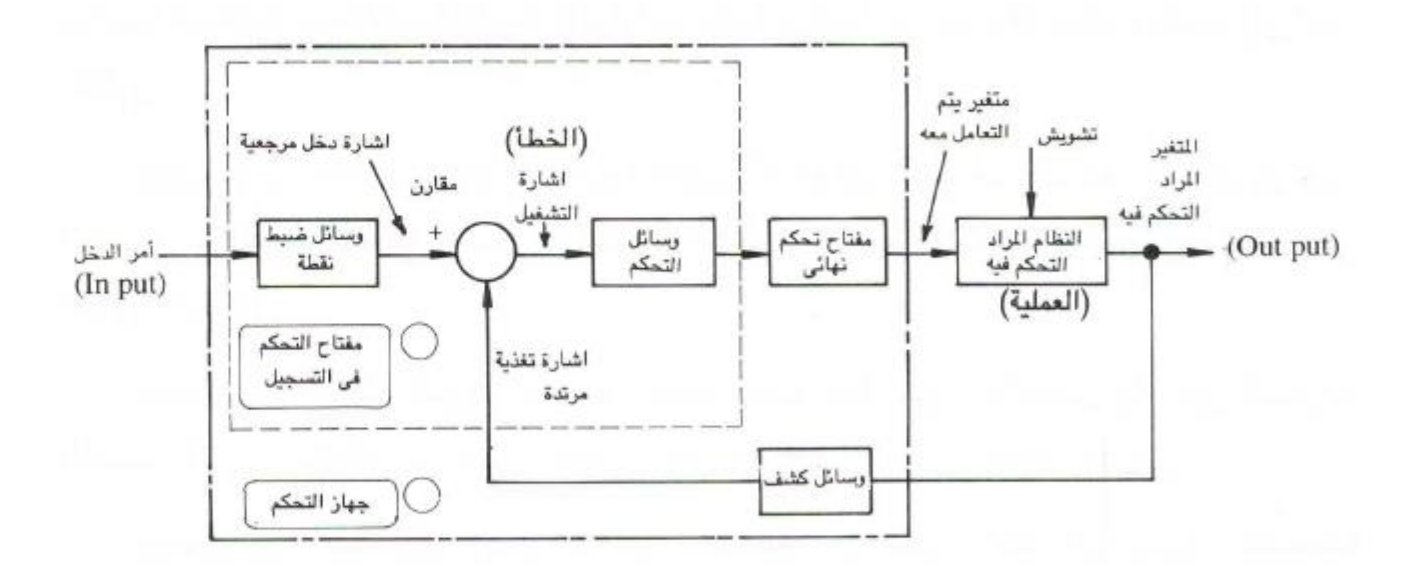
ترسل المزدوجة الحرارية تقلبات درجة حرارة فرن الزيت الثقيل الي مفتاح التحكم كمتغيرات في القدرة الدافعة الحرارية الكهربائية . ويتم ضبط قيمة تناظر درجة الحرارة المستهدفة مسبقا فى مفتاح التحكم ، الذى يرسل اشارة الى الصمام ذى الغشاء كتعليمات بعد المقارنة مع القوة الدافعة الكهربائية التى ارسلتها المزدوجة الحرارية . ويقوم الصمام ذو الغشاء بعمله بدقة تبعا لإشارة التعليمات التى أرسلها مفتاح التحكم ، ويقوم بفتح أو قفل قرص الصمام .



الشكل ٩-١ التحكم الأوتوماتيكي لفرن زيت ثقيل

٩-١-٢ شكل نظام التحكم ذو التغذية المرتدة

يبين الشكل ٩-٢، الرسم الصندوقي لشكل نظام تحكم عادي ذو التغذية المرتدة باستخدام مصطلحات التحكم الأوتوماتيكي .



(١) – مفتاح التحكم : يتكامل الضبط والمقارن وأجزاء التحكم في وحدة واحدة تسمى وحدة التحكم. ووحدة التحكم التي تجهز بمسجل بيان تسمى مفتاح التحكم .

(٢) – نظام (جهاز) التحكم : وتتكون من تكامل ثلاثة أجزاء هي مفتاح التحكم (وحدة التحكم) وجزء التشغيل وكاشف في وحدة واحدة تسمى معدة التحكم . وإشارة التغذية المرتدة هي الإشارة التي تقارن القيمة التي يراد التحكم فيها والقيمة المستهدفة عند مخرج الكاشف . ولإشارة الدخل المرجعية علاقة ثابتة مع القيمة المستهدفة ، وتطبق كمرجع للتحكم ، ويتم مقارنتها مع إشارة التغذية المرتدة أما إشارة تشغيل التحكم فيتم الحصول عليها بمقارنة إشارة الدخل المرجعية وإشارة التغذية المرتدة في جزء المقارن، وذلك لتشغيل أعمال التحكم.

أما التشويش فهو التأثيرات الخارجية التي تدخل من الخارج على نظام التحكم لتشويش حالة التحكم.

الشكل ٩–٢ المخطط الصندوقي العام للتحكم ذو التغذية المرتدة

في هذا النظام يحول جزء الضبط القيم المطلوب تحقيقها إلى إشارات (قيم مقاسة) مناسبة للمقارنة مع القيم المقاسة (إشارات تغذية مرتدة) من جزء الكشف وينقلها إلى جزء المقارن.

ويقوم جزء المقارن بمقارنة القيم المطلوب تحقيقها التي تم وضعها عن طريق جزء الضبط مع القيم المقاسة (إشارات التغذية المرتدة) من جزء الكشف ويقوم بالحصول على الفرق (الخطأ) .

ويعمل جزء المنظم كمركز للمنظم ، حيث يحدد عمل جزء التشغيل بناءً على إشارات التشغيل التى يستقبلها من الجزء المقارن ،ويرسل الإشارات إلى جزء التشغيل .

ويحول جزء التشغيل الإشارات التي يستقبلها من الجزء المنظم إلى كميات تشغيلية ويتفاعل مع الأنظمة التي يتم التحكم فيها .

والنظام الذي يتم التحكم فيه هو الغرض المطلوب التحكم فيه . فيستخرج جزء الكشف الإشارات اللازمة للتحكم من الأنظمة التي يتم التحكم فيها. ثم تعود الإشارات التي تم استخراجها إلى جزء المقارن كإشارات تغذية مرتدة.

تمرين ١

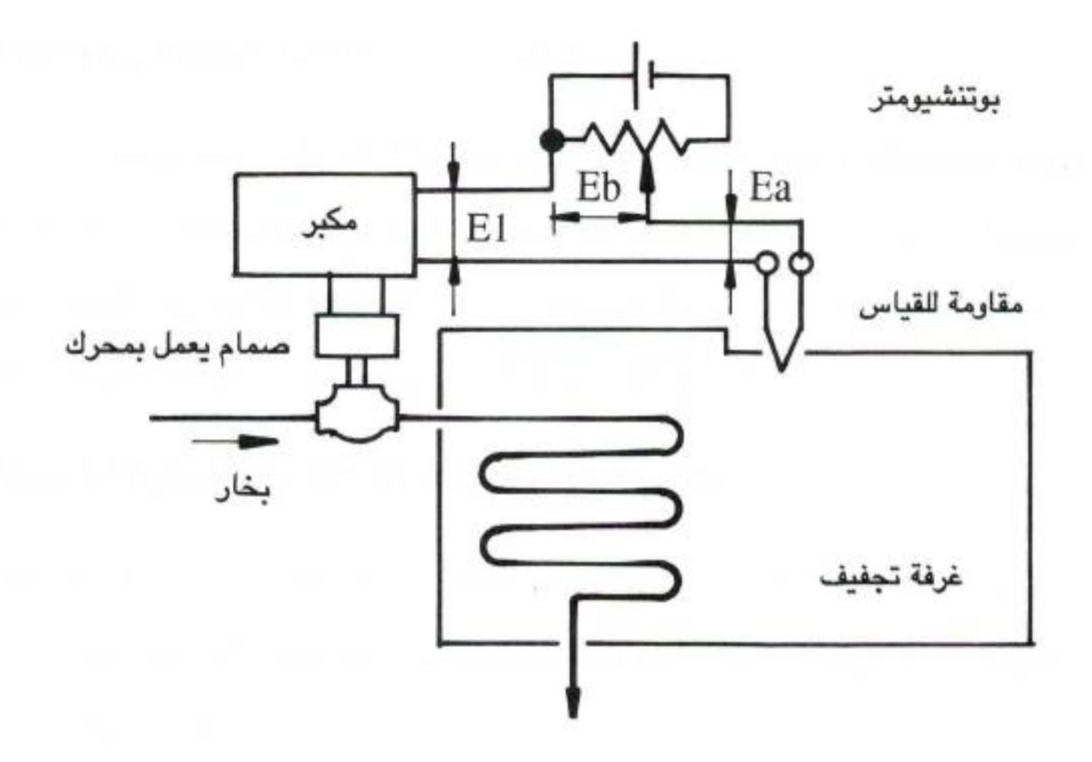
ارسم شكل نظام التحكم المبين فى الشكل٩-١ ، عن طريق الرسم التخطيطي الصندوقي.

تمرين ٢

اذكر أمثلة للاضطراب ، والتي يمكن أخذها في الاعتبار في نظام التحكم المبين في الشكل ٩-١.

تمرين ٣

يبين الشكل ٩-٣، المعدات التي تحافظ على درجة حرارة غرفة تجفيف عند 30 ^{o}م . ارسم الرسم التخطيطي الصندوقي لمكونات المعدات وبين كل جزء باستخدام مصطلحات التحكم الأوتوماتيكي .



الشكل ٩-٣ التحكم في درجة الحرارة لغرفة تجفيف

٩-١-٣ تصنيف التحكم ذو التغذية المرتدة

يمكن تصنيف التحكم ذو التغذية المرتدة كما يلي :

[١] التصنيف تبعاً لخاصية المتغير الذي يتم التحكم فيه

(أ) آلية مؤازرة (سرفو) Servo - mechanism

ينشأ التحكم الأوتوماتيكي ليتتبع أي تغيرات في القيمة المطلوبه، ويكون موقع الغرض واتجاهه ووضعه وعناصره الأخرى ، كمتغيرات يتم التحكم فيها ، كما في التحكم في المظهر الجانبي لآلات التشغيل والملاحة الأوتوماتيكية للسفن والطائرات .

(ب) التحكم في العملية Process Control

تعرف العملية بأنها المرحلة التى يتم فيها المعالجة الطبيعية والكيميائية للمواد الخام ، وكذلك تصنيع المنتجات المطلوبة كما في صناعة الصلب وتكرير الزيت . والتحكم في عملية ما، هو التحكم عن طريق التغذية المرتدة لضبط كميات الحالة في هذه العملية ، مثل الضغط ، ودرجة الحرارة ، والانسياب، والكثافة و pH .

(جـ) الضبط الأوتوماتيكي Automatic Adjustment

الضبط الأتوماتيكي عبارة عن تحكم ذو التغذية المرتدة ، ويستخدم أساساً الكميات الكهربائية أو الميكانيكية كمتغيرات يتم التحكم فيها ، مثل السرعات ، وسرعة الدوران ، والشد ، والجهد، والتيار .

[٢] التصنيف تبعاً لخصائص القيم المطلوبه

Classification by Properties of Target Values

(أ) التحكم في القيم الثابتة Fixed Value Control

وهو التحكم عندما لا تتغيرالقيم المطلوبه مع الزمن وتأخذ قيمة ثابتة.

(ب) التحكم في القيم المتغيرة Variable Value Control

وهو التحكم لمتابعة قيمة مطلوبه متغيرة عن طريق متغير يتم التحكم فيه ، ويمكن تصنيفه كما يلي :

(١) التحكم بالمتابعة Tracking Control :

وهو التحكم لمتابعة قيمة مستهدفة تتغير بثبات مع متغير يتم التحكم فيه مثل توجيه طائرة بواسطة رادار .

(٢) التحكم في البرنامج Program Control:

وفيه يتم ضبط التغير في القيم المستهدفة مسبقاً كما في التحكم في برنامج درجة الحرارة لفرن معالجة حرارية.

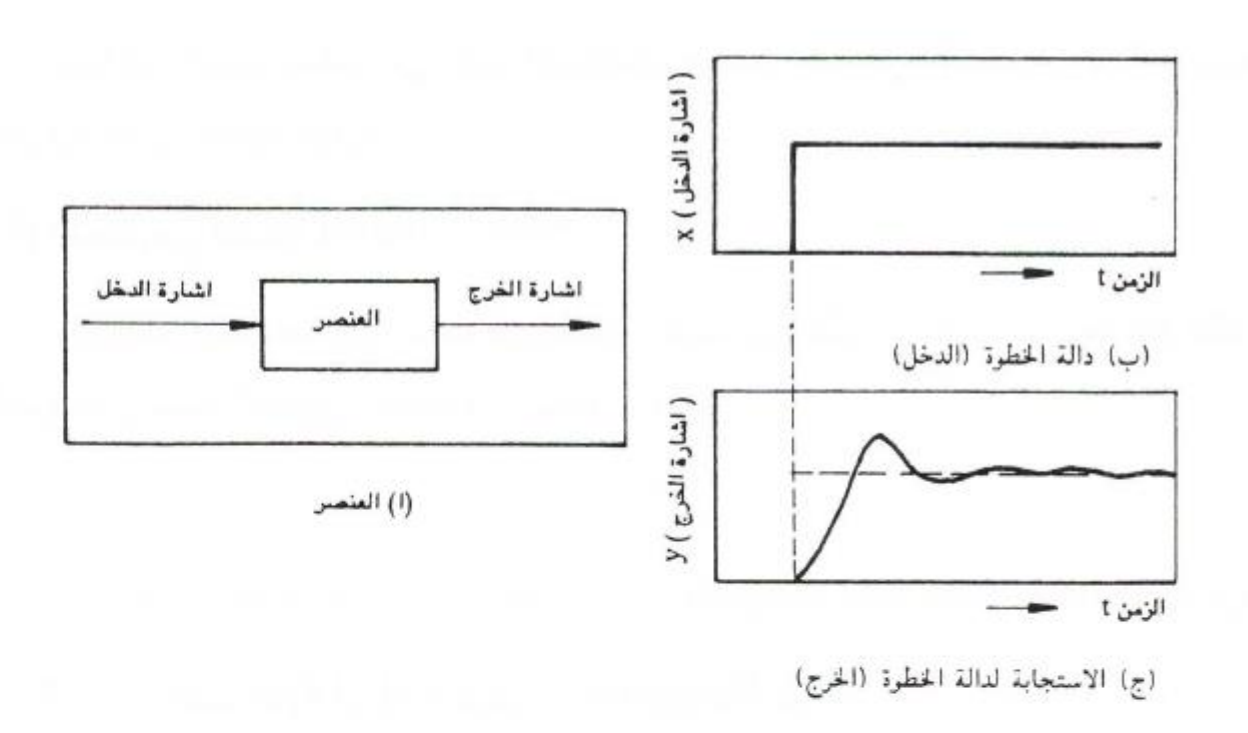
(٣) التحكم في النسبة Ratio Control :

وفيه يتم المحافظة على علاقة ذات نسبة معينة بين أكثر من كميتين . وكمثال لذلك ، التحكم في نسبة الانسياب لتغذية فرن بالهواء والوقود .

٩-٢عناصر التحكم والاستجابة Control Elements and Responses

٩-٢-١ الاستجابة لدالة الخطوة Step Response

يتكون نظام التحكم الأوتوماتيكي من دمج عناصر ذات خصائص مختلفة. وينبغي دراسة خصائص كل عنصر لمعرفة حالة التحكم لنظام التحكم الأوتوماتيكي بالكامل . ففى العنصر المبين في الشكل ٩-٤(أ)، يكون الدخل مساوياً للصفر حتى زمن معين ، وتؤخذ قيمة ثابتة لحظياً من هذا الزمن كما في الشكل (ب) ، (جـ) . ويسمى هذا الدخل ،الدخل دالة الخطوة . ويسمى خرج العنصر في حالة دخل دالة الخطوة بالاستجابة لدالة الخطوة (استجابة أسية) .

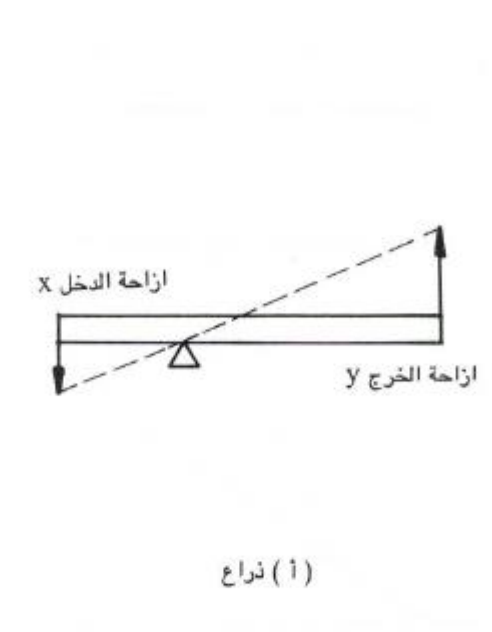


الشكل ٩-٤ الاستجابة لدالة الخطوة

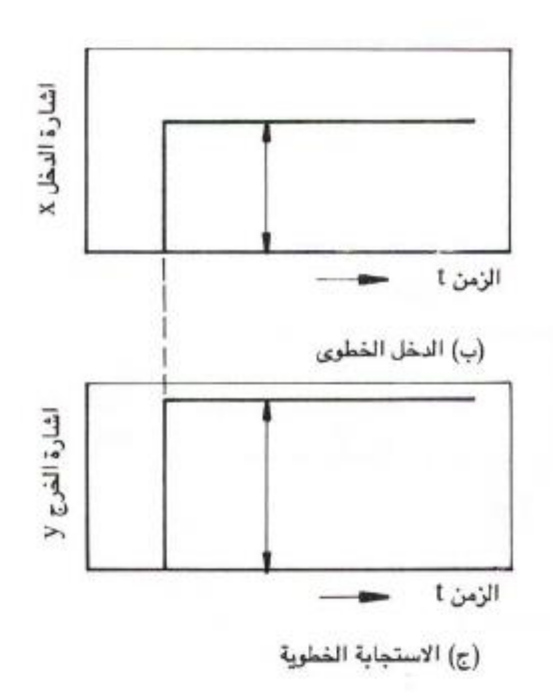
٩-٢-٢ العنصر التناسبى (خطي) Proportional Element

يسمى العنصر الذي ينتج إشارة خرج تتناسب مع إشارة الدخل ، كما في الشكل ٩-٥ ، بالعنصر التناسبى . وتبين الأشكال (ب) ، (جـ) الدخل ذا الخطوة والاستجابة لدالة الخطوة . وإذا كان الدخل هو x والخرج هو y ، تكون العلاقة بين x , y كما يلى :

$$y = kx \qquad (k = \text{ثابت}) \qquad (\text{علاقة خطية}) \qquad (9\text{-}1)$$



(أ) ذراع

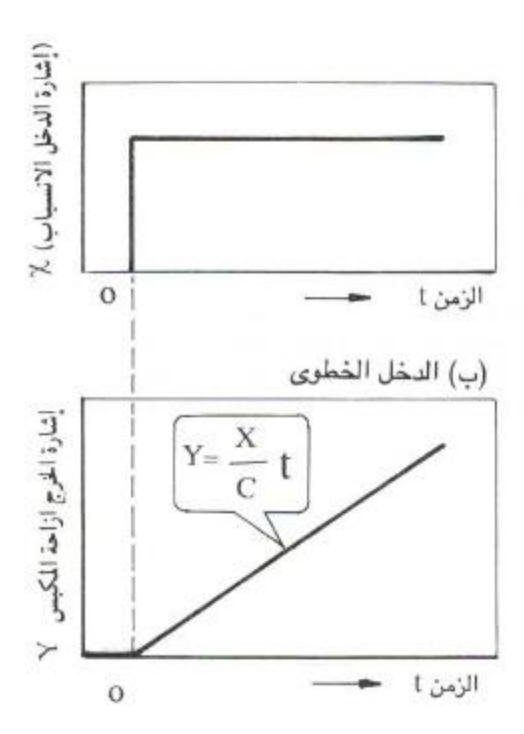


الشكل ٩-٥ العلاقة بين الدخل والخرج لعنصر تناسبي

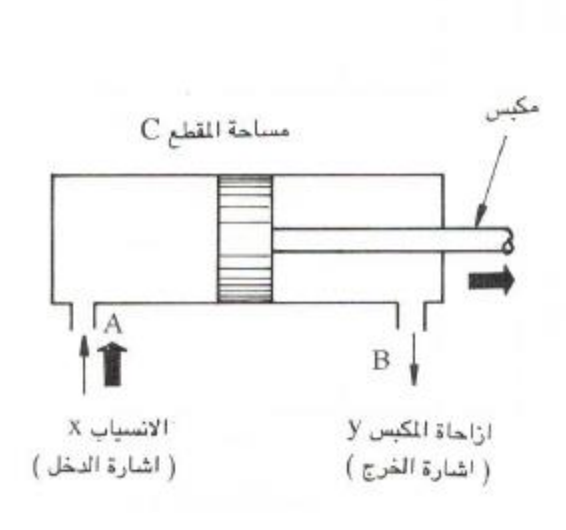
ومن أمثلة العناصر التناسبية مسلسلة مسننات ومضخم .

٩-٢-٣ العنصر المُكامل Integral Element

يتحرك المكبس ناحية اليمين عند انسياب المائع في الاسطوانة خلال A، كما في الشكل ٩-٦(أ) . فتتواجد العلاقة التالية ، إذا كان الدخل هو الانسياب x (م٣/ث) لمائع ذي ضغط ثابت ، ويكون الخرج هو إزاحة المكبس y (م)، في زمن t (ثانية)، ومساحة مقطع الاسطوانة C(م٢) .



(ج) الاستجابة لدالة الخطوة (الخرج)




(أ) العلاقة بين الانسياب وإزاحة المكبس

الشكل ٩-٦ العنصر المُكامل

وتبين الأشكال (ب) ،(جـ)، الدخل ذا الخطوة والاستجابة ذات الخطوة . ويعرف العنصر الذي تتناسب إشارة خرجه مع القيمة التى يتم الحصول عليها عن طريق تكامل إشارة الدخل بالنسبة للزمن بالعنصر المُكامل . وكمثال للعنصر المتكامل :صب ماءً بانسياب ثابت في خزان ذي مساحة مقطع ثابتة.

تمرين ٤

ما هي مساحة مقطع الاسطوانة المبينة في الشكل ٩-٦ (أ) ، التي تغير إزاحة المكبس إلى 10 سم في 5 ثانية ، عندما يكون الانسياب 30 مليلتر/ثانية .

(الإجابة :15 سم٢)

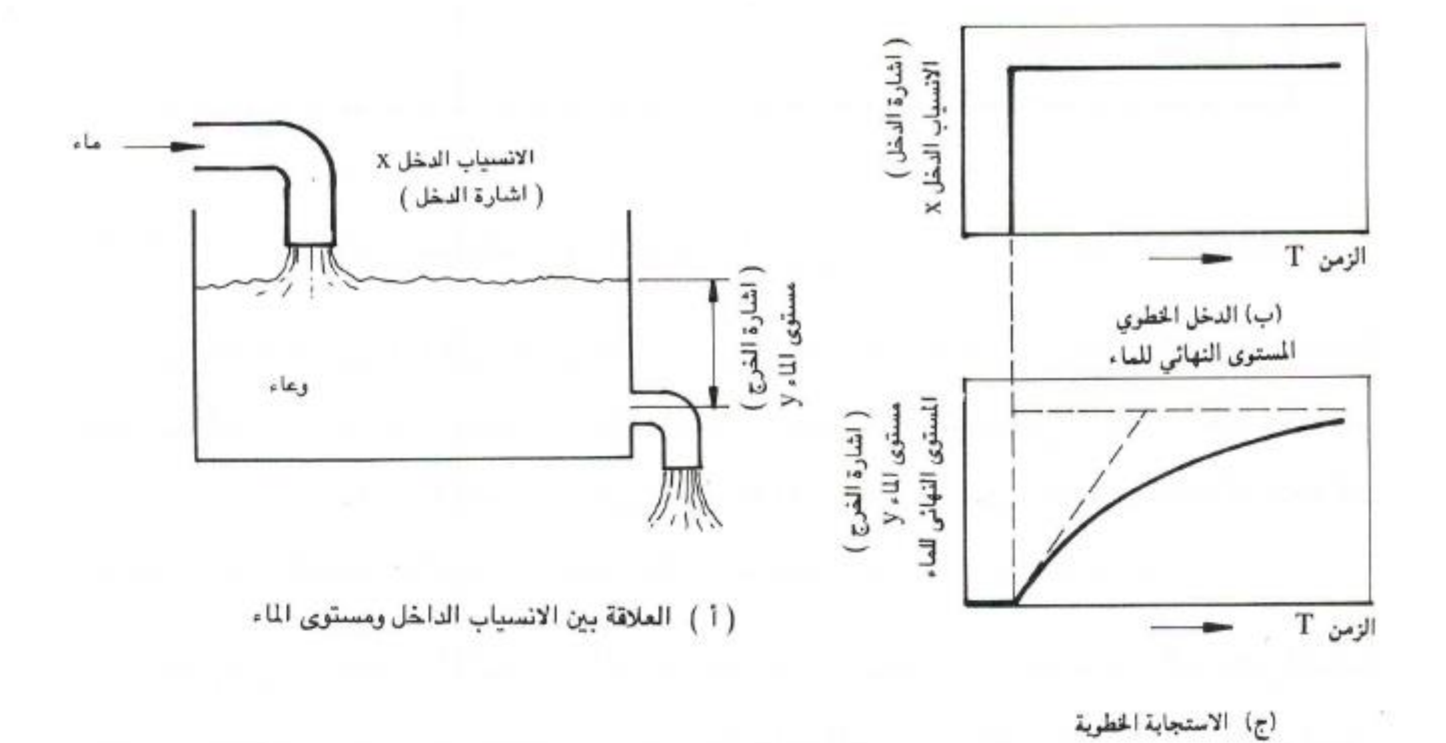
٩-٢-٤ عنصر التخلف من المرتبة الأولى First Order Lag Element

يرتفع مستوى الماء في خزان، ينساب من قاعه الماء، كما في الشكل ٩-٧(أ) ، عندما ينساب إليه ماء بسرعة انسياب ثابتة إذا كانت سرعة الانسياب في الدخول أكبر منها في الخروج . ويزيد معدل الانسياب في الخروج إذا زاد مستوى الماء. وتتعادل معدلات الانسياب في الدخول والخروج ، بحيث يتزن مستوى المياه عند موضع ثابت .

وبفرض أن معدل الانسياب الداخل هو إشارة دخل ، وأن مستوى الماء هو إشارة خرج ، سيكون للدخل ذي الخطوة والاستجابة لذات الخطوة علاقة ، كما في الأشكال (ب) ، (جـ) .

والعنصر الذي تصبح إستجابته لدالة الخطوة على شكل منحنى دالة أُسية، كما في الشكل (جـ)، يسمى عنصر له تخلف من المرتبة الأولى .

ويبين هذا المنحنى أن الخرج يصبح ذا قيمة ثابتة بالنسبة للدخل ذي الخطوة بعد مرور زمن ، ثم يحافظ بعد ذلك على الموازنة (حالة الإستقرار).

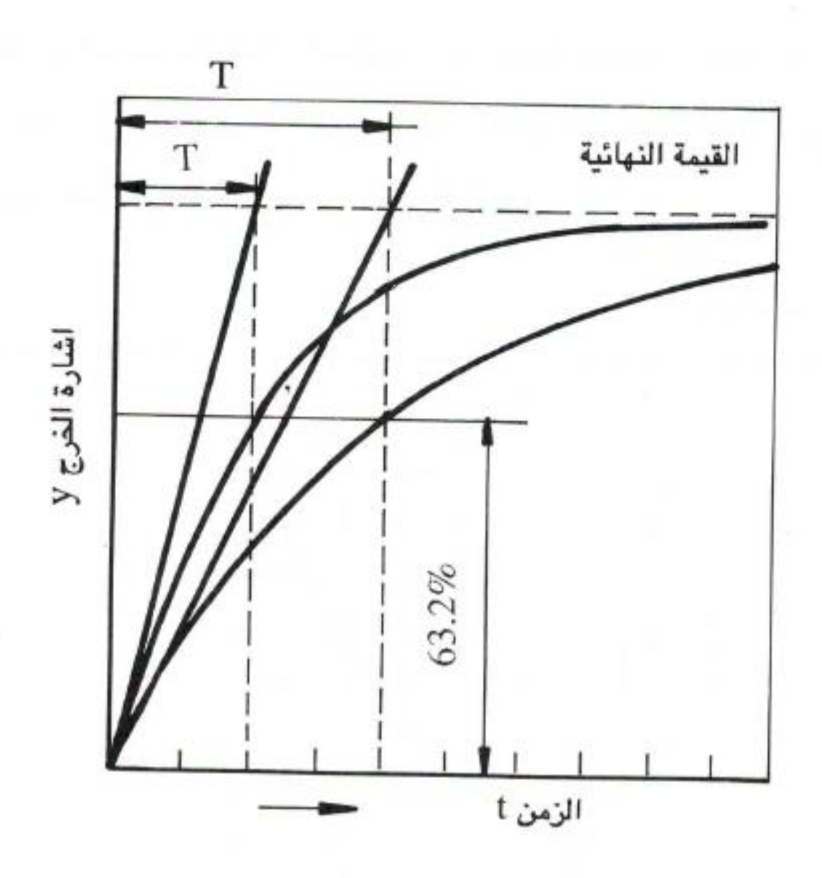


(ج) الاستجابة الخطوية

إذا لم يزد معدل الانسياب للخارج ، حتى فى حالة ارتفاع مستوى الماء ، يمكن توضيح التغيرات فى مستوى الماء بالخط المنقط المائل فى الشكل (ج) . وهذا الخط المنقط هو المماس عند نقطة الارتفاع لهذا المنحنى ، وهو يبين أن سرعة الاستجابة تكون أبطأ كلما كانت مساحة مقطع الخزان أكبر .

الشكل ٩ – ٧ عنصر تخلف من المرتبة الأولى

ويبين الشكل ٩–٨ ، خصائص عنصر *التخلف* من *المرتبة الأولى* ، معبراً عنها بالزمن T ، وذلك بين زمن نقطة الارتفاع وتقاطع مماس نقطة ارتفاع الاستجابة لدالة الخطوة مع الخط المستقيم الذي يبين القيم النهائية . ويسمى T الثابت الزمنى . ويتطابق الثابت الزمني T مع الزمن التى تصل عنده قيمة الخرج إلى 63.2% من القيم النهائية . ومن أمثلة عنصر التخلف من المرتبة الأولى : تغيرات الضغط الداخلى لخزان ضغط بصمام خانق، وجهد شحن المكثف .



الشكل ٩–٨ الثابت الزمنى لعنصر تخلف من المرتبة الأولى

تمرين ٥

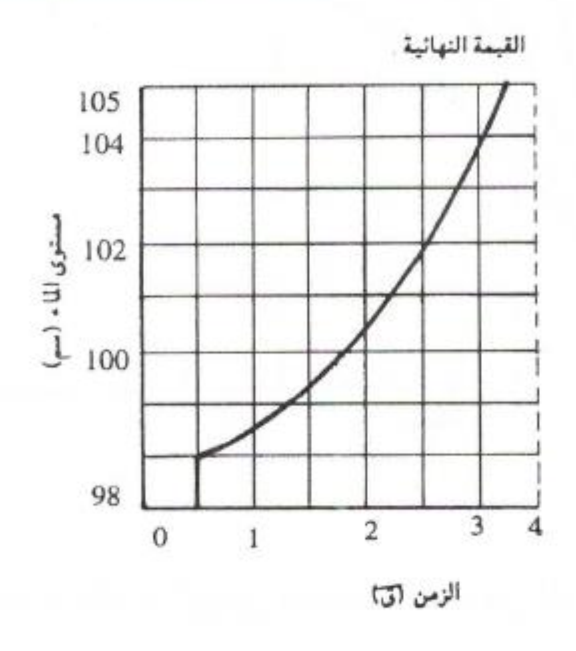
يبين الشكل ٩-٩، منحنى استجابة لدالة الخطوة لعنصر تخلف من المرتبة الأولى . احسب الثابت الزمني لعنصر التخلف من المرتبة الأولى من هذا الشكل .

(الإجابة : 1.75 ق)

تمرين ٦

تم اختبار استجابة لدالة الخطوة ، عن طريق عنصر تخلف من المرتبة الأولى ذي ثابت زمني يساوي 5 ثانية . وكان التغير في قيمة الخرج في 5 ثواني هو 15 سم .فما هي التغيرات في القيمة النهائية للخرج ؟

(الإجابة : 23.7 سم)



الشكل ٩-٩ منحنى استجابة لدالة الخطوة

٩-٢-٥ العنصر المفاضل Differential Element

تسمى الاسطوانة المبينة في الشكل ٩-١٠(أ) ، والمملوءة بزيت له درجة لزوجة عالية على جانبي مكبس، حيث يتصل هذان الجانبان بأنبوبة، بنبيطة توهين.

وبالضبط المناسب للصمام الخانق المركب على الأنبوبة وتحريك عمود المكبس ، تتحرك الاسطوانة مع المكبس نتيجة اللزوجة العالية للزيت وعدم قدرة الزيت على المرور في الأنبوبة . غير أنه ، بعد توقف المكبس عن الحركة ، ينساب الزيت بالتدريج خلال الأنبوبة مع مرور الزمن وتعود الاسطوانة المثبتة ببطء إلى وضعها الأصلي عن طريق ياي.

وتبين الأشكال (ب) ، (جـ)، الدخل لدالة الخطوة والاستجابة لدالة الخطوة عندما تستخدم إزاحة المكبس ، كدخل ، وإزاحة الاسطوانة، كخرج . وأما العنصر الذي له إشارة خرج تتناسب مع القيمة التى يتم الحصول عليها عن طريق تفاضل إشارة الدخل بالنسبة للزمن – كما في هذه الحالة – فيسمى العنصر المفاضل .

تمرين ٧

وضح كيف تتغير الاستجابة لدالة الخطوة عند فتح صمام الخانق للجهاز المبين في الشكل ٩-١٠(أ)، قليلاً ؟ وكيف تتغير الاستجابة لدالة الخطوة عند تغير الزيت إلى نوع ذي لزوجة منخفضة

٩-٢-٦ عنصر ذو زمن خمود Dead Time Element

ينساب ماء من أنبوبة في خزان كما في الشكل ٩-١١ (أ)، حيث المسافة بين الصمام ومخرج الأنبوبة تساوي ℓ (م) . وعليه ، فإننا نحتاج إلى زمن معين قبل انسياب الماء في الخزان بعد فتح الصمام . وبفرض أن فتحة الصمام هي الدخل وانسياب الماء عند مخرج الأنبوبة هو الخرج ، يصبح الدخل لدالة الخطوة والاستجابة لدالة الخطوة كما في الاشكال (ب) ، (جـ) . ويسمى العنصر الذي له إعاقة زمنية ثابتة بين إشارة الدخل وإشارة الخرج، كما في هذه الحالة،عنصر ذو زمن الخمود.ويسمى وقت الإعاقة بـLبزمن الخمود. ويظهر زمن الخمود نتيجة دمج عناصر مختلفة بعدة طرق في نظام التحكم الأوتوماتيكي .

اشارة الخرج y

اشارة الدخل x

زيت

زيت

ياى

مكبس

صمام خنق

(أ) العلاقة بين ازاحة المكبس وازاحة الاسطوانة فى نبيطة التوهين

(اشارة الدخل)
ازاحة المكبس x

الزمن t

(ب) دالة الخطوة (الدخل)

(اشارة المخرج)
ازاحة الاسطوانه y

الزمن t

(جـ) الاستجابة لدالة الخطوة

الشكل ٩ - ١٠ العنصر المفاضل

تمرين ٨

ارسم رسما تخطيطيا للاستجابة لدالة الخطوة عندما يستخدم فتح الصمام كدخل ،ومستوى الماء في المستودع كخرج في الجهاز المبين في الشكل ٩-١١(أ) .

تمرين ٩

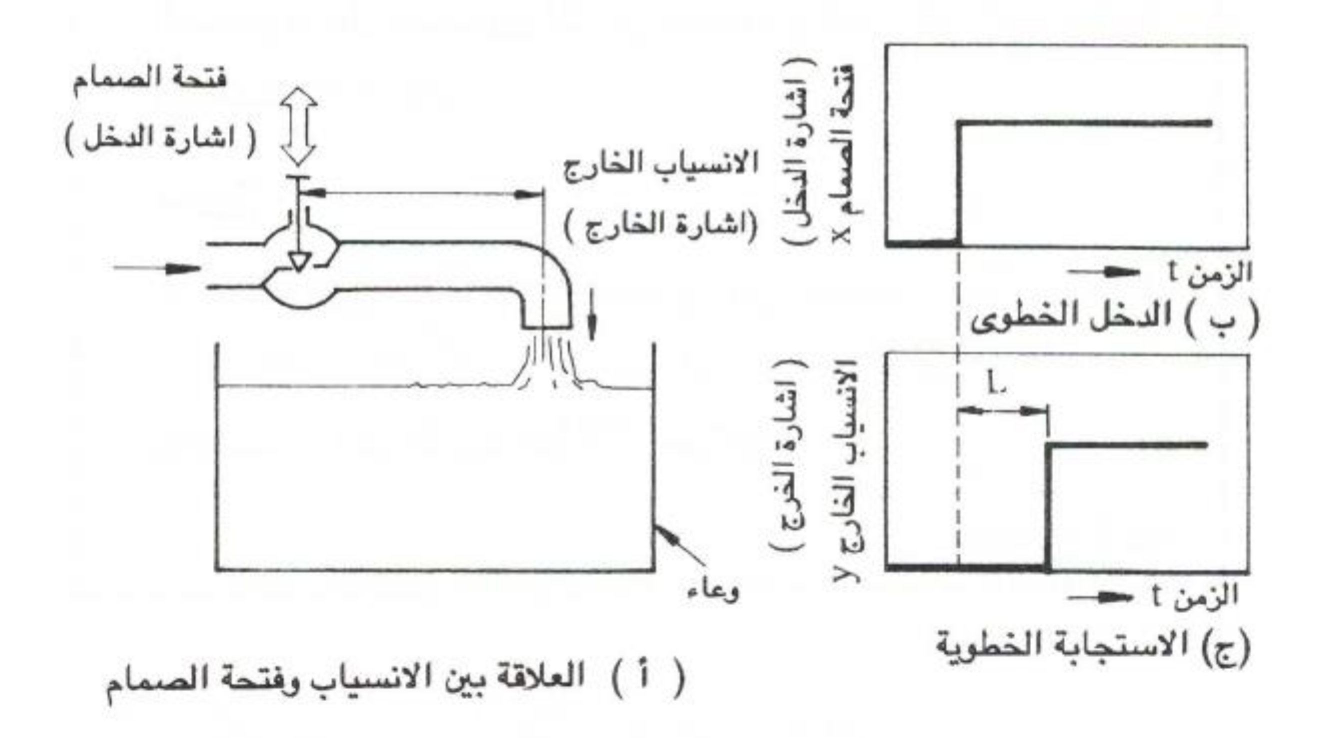
كم ثانيـة تكون قـيـمـة زمن الخـمـود في الجـهـاز المبين في الشكل ٩-١١(أ)، إذا كان $\ell = 1$ م ، ومساحة مقطع الأنبوبة هي 10 سم٢ والانسياب داخل الانبوبة هو250 سم٣/ث؟

(الإجابة: 4 ث)

٩ – ٣ مكونات نظام التحكم وعملية التحكم

٩-٣-١ جزء الكشف Detecting Part

تقوم معدات التحكم بالتحكم في النظام المراد التحكم فيه بطريقة مناسبة ، وتتكون من جـزء الكشف ومـفـتـاح التحكم، وجزء التشـغيل . ويعطي جزء الكشف الإشارات اللازمـة للتحكم من النظام الذي يراد التحكم فيه . أما المتغيرات المراد التحكم فيها، والتى يتم الكشف عنها فتشمل درجة الحرارة ، والانسياب ، والضغط ، ومستوى السائل ، والإزاحة، والزاوية .ويجب اختـيـار الأسـاسـيــات والطرق التي تناسب أغراض الكشف. كمـا يجب تحويل نتائج الكشف إلى إشارات مناسبة عندما يتم نقلها إلى مفتاح التحكم أو الأجزاء الأخرى .



الشكل ٩-١١ عنصر ذو زمن خمود

وتتحول إشارات الكشف من الكاشف إلى كميات طبيعية مثل الجهد،والتيار ، والضغط، ويتم تغييرها ثانية عند إرسالها إلى العنصر التالي ، وذلك لتوحيد حجم ونوع الإشارة . ويبين الجدول ٩-١ ، المتغيرات المختلفة التي يراد التحكم فيها ، وكذلك أنواع ومباديء أجهزة الكشف الأساسية التي تناسبها .

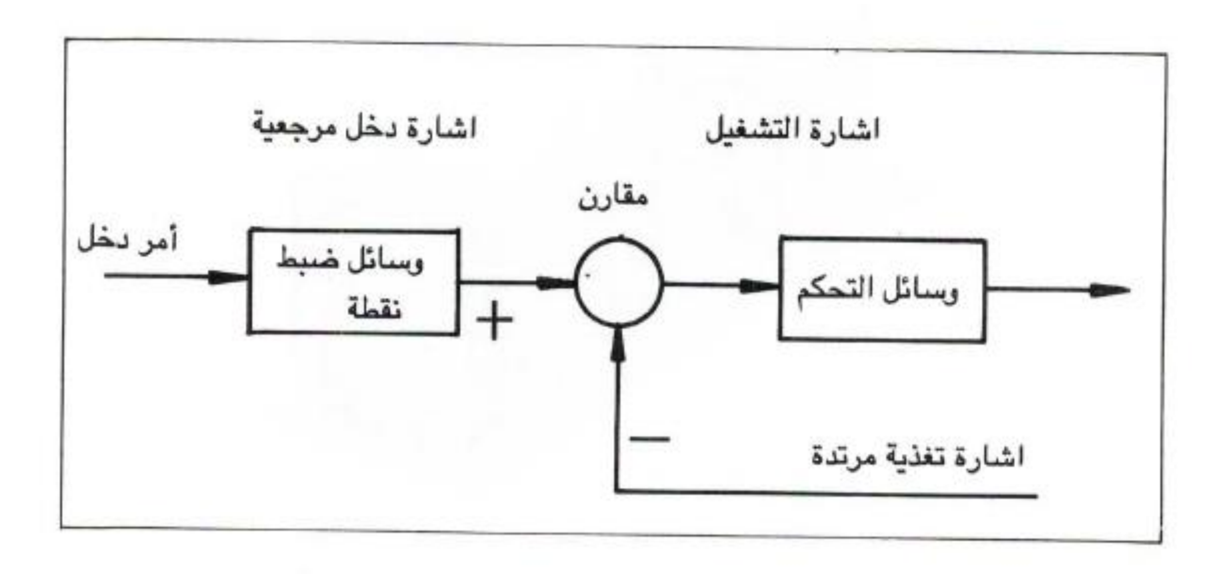
٩-٣- ٢ وحدة التحكم (المتحكم) Controller

وكما يظهر في التكوين العام للتحكم بالتغذية المرتدة في الشكل ٩-٢، يتكامل مفتاح وحدة التحكم مع أجزاء الضبط والمقارنة والتحكم ، وهو ذو مسجل مبين . ويبين الشكل ٩-١٢ ، جزء وحدة التحكم فقط داخل خطوط منقطة . وعلى سبيل المثال ، عند التحكم اليدوي في صمام ما ، يعمل مخ الإنسان كجزء التحكم ، ويعطي أوامر إلى اليد (جزء التشغيل) توضح كيفية تشغيل ذراع الصمام.

وحرية الاختيار هى أحد أعمال التحكم لجزء وحدة التحكم ،وتشمل القيام بعمل وصل/فصل (العمل ذو وضعين)، والعمل P (عمل متناسب)، والعمل PI(عمل متناسب ومكامل) ، والعمل PID (عمل متناسب ومكامل ومفاضل).

القيمة التي يتم التحكم فيها	الأنواع	المبادىء	المتغير الذي يتم التحكم فيه	الأنواع	المبادىء
درجة الحرارة	الترمومتر الكهروحراري	الظاهرة الكهروحرارية	المنسوب	مقياس منسوب نوع العوامة	الطفو
	ترمومتر بمقاومة	التغير في المقاومة الكهربائية يتأثر بتغير درجة الحرارة		مقياس منسوب بالضغط	ضغط عمود السائل
	ترمومتر ذو ثنائي معدني	إزدياد الحرارة		مقياس منسوب بالضغط الفرقي	ضغط عمود السائل
	بيرومتر الإشعاع الحراري	إشعاع أشعة تحت الحمراء من مادة تنتج حرارة شديدة		مقياس منسوب بالإشعاع	إرسال وامتصاص الإشعاع
	ترمومتر الضغط	تغير في دفع لمادة في وعاء		مقياس منسوب فوق الصوتي	زمن الإنعكاس فوق الصوتي
معدل التدفق	مقياس تدفق بالضغط الفرقي	الضغط الفرقي وقبل وبعد الفتحة	الإزاحة	فوهة – ارجوحة	علاقة الضغط ومقاومة التدفق الخارجي في الهواء
	مقياس تدفق كهرومغنطيسي	سرعة سائل متدفق وجهد ناتج في مجال مغنطيسي		ماسورة منفث	معدل التدفق من ماسورة منفث وفتحة الدخول
	مقياس التدفق على أساس تغيير المساحة	نسبة السائل المتدفق والضغط		صمام رئيسي	الإزاحة والتدفق في المكبس
	مقياس تدفق بإزاحة موجبة	عدد دورات العضو الدوار في مكثف ثابت		مقاومة متغيرة	التغير في موضع ملامس متحرك لمقاومة متغيرة
				محول فرقي	وضع القلب في المحول
الضغط	مقياس ضغط نوع انبوبة بوردون	إزاحة جسم مرن يتأثر بالضغط		انبوب ضوئي	تغير فيض الإضاءة بإزاحة غطاء
	مقياس ضغط نوع الغشاء			مقياس التشوه ذو سلك مقاومة	تغير مقاومة سلك عن طريق التشوه
	مقياس بمنفاخ		قيمة زاويّة	مقاومة منزلقة	تغير الجهد في المقاومة

الجدول ٩ – ١ أنواع وأساسيات أجهزة الكشف

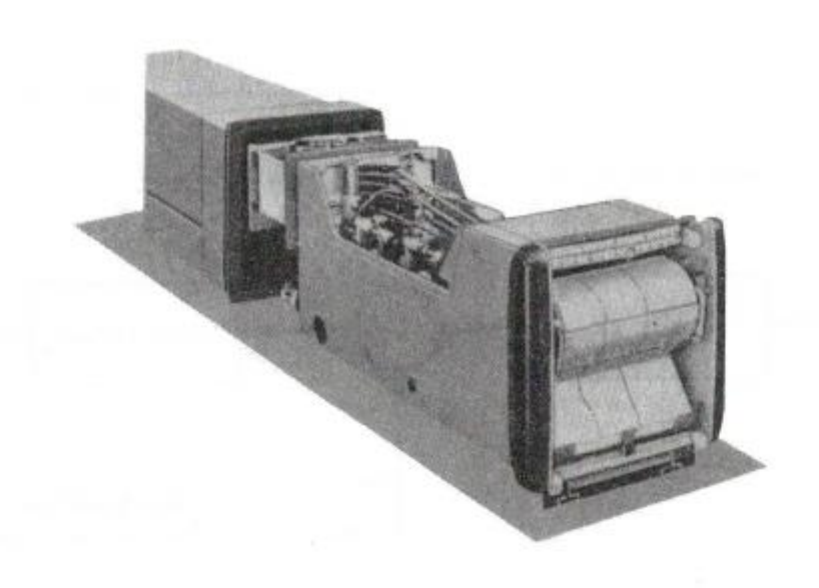


الشكل ٩-١٢ وحدة التحكم

* وعلى سبيل المثال ، إذا كان عمل التحكم لجزء وحدة التحكم جيداً ، يمكن أن يقوم الإنسان بتشغيل اليد باستقرار (بتوازن) دون الوقوع من الدراجة . وإذا كان عمل وحدة التحكم غير جيد ، يصبح نظام التحكم الأوتوماتيكي غير مستقر، حيث تصبح اليد غير ثابتة ، عندما يركب رجل دراجة لأول مرة. ويمكن لجزء مفتاح التحكم تحسين خصائص عمل النظام المراد التحكم فيه .

تنقسم انواع وحدة مفتاح التحكم إلى وحدة تحكم بضغط الهواء (نيوماتي) ووحدة التحكم الهيدروليكي والكهربائي، وتجميعات منهم تبعاً لنوع الطاقة المستخدمة في عمل التحكم .

ويبين الشكل ٩-١٣ المنظر الخارجي لوحدة تحكم بضغط الهواء .



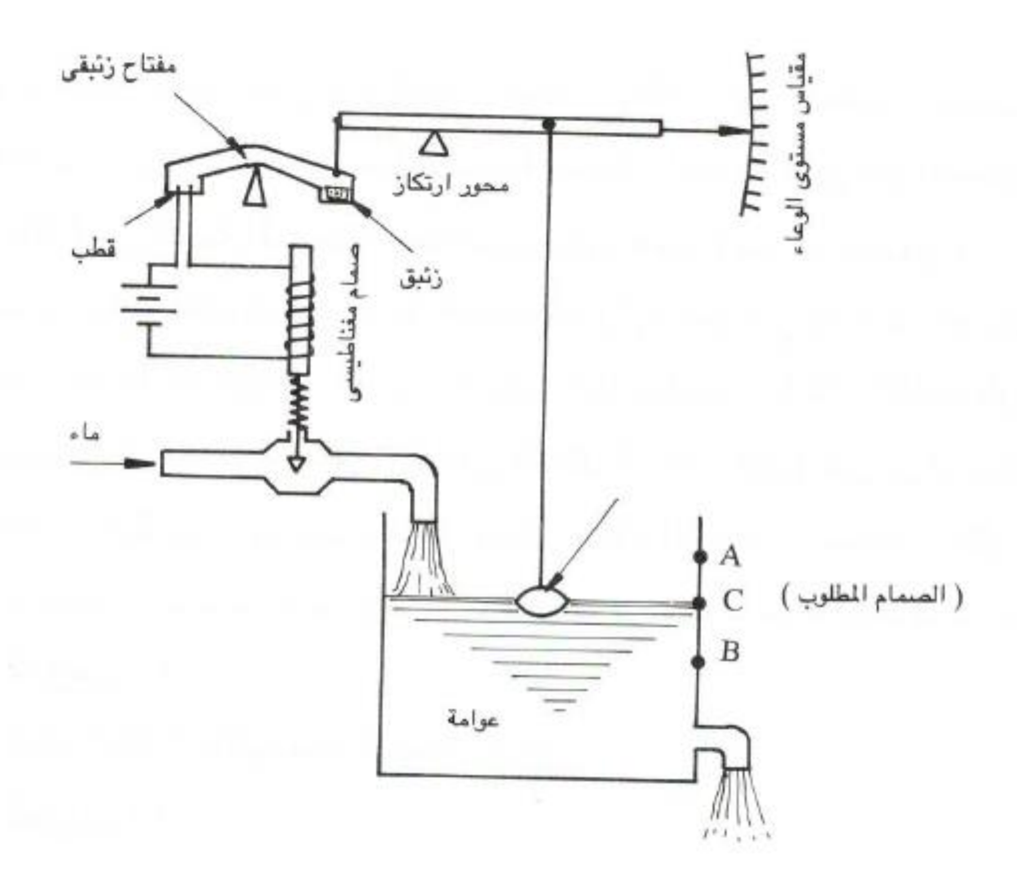
الشكل ٩–١٣ وحدة تحكم بضغط الهواء (نيوماتي)

[١] عمل وصل / فصل (العمل ذو وضعين)

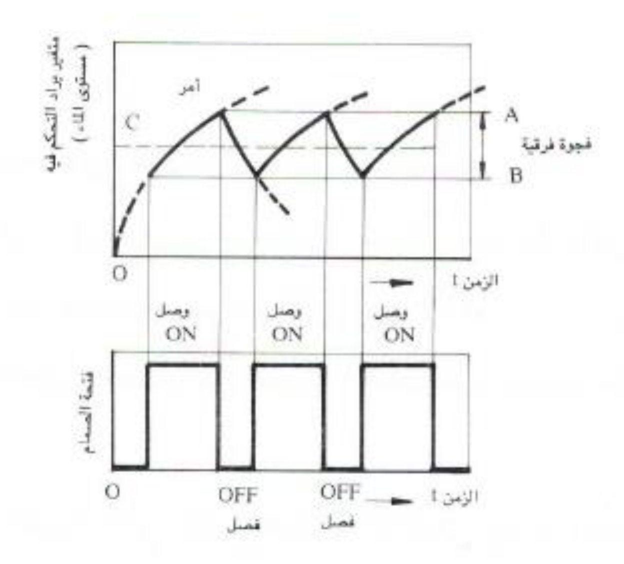
On - off Action (Two-position Action)

في التحكم في مستوى الماء، المبين في الشكل ٩–١٤ ، تنخفض العوامة وترتفع الحافة اليمنى لمفتاح الزئبق لتفتح الصمام ذا الملف اللولبي عندما ينخفض مستوى الماء إلى b ، فيضبط الوضع c لمستوى الماء كقيمة مستهدفة

وبالعكس يقفل الصمام ذو الملف اللولبى ، عندما يرتفع مستوى الماء إلى a .وتسمى المسافة بين a , b بالفتحة الفرقية . والنظام المراد التحكم فيه هنا عبارة عن عنصر تخلف من المرتبة الأولى ، ويمكن رسم منحنى الاستجابة ذات الخطوة، كما في الشكل ٩–١٥ .



الشكل ٩ – ١٤ التحكم في مستوى الماء بعمل وصل/فصل



الشكل ٩–١٥ عمل وصل/فصل دوري

ويعرف عمل المتغير الذي يتم التعامل معه، مع الأخذ في الإعتبار قيمتين من العمل وصل / فصل ، تم تحديدهما مسبقا، عندما ينحرف المتغير الذي يتم التحكم فيه (مثل مستوى سائل) عن القيمة المستهدفة ، بالعمل وصل/ فصل (عمل ذو وضعين).

ويتسبب نظام التحكم عن طريق العمل وصل/ فصل في إحداث تذبذبات (ذبذبات رأسية) حول القيمة المستهدفة . ولذلك ، لا يكون هذا مناسبا إذا كان الثابت الزمنى لنظام التحكم صغيراً(ميل منحنى مستوى الماء في الشكل ٩-١٥، كبير).غير أن له تركيباً بسيطاً ، وهو منخفض التكاليف ، ويسبب مشاكل قليلة . ولهذه الأسباب ، يستخدم بكثرة .

تمرين ١٠

اذكر أمثلة للتحكم وصل / فصل حولك .

تمرين ١١

ما هى أجزاء نظام التحكم الأوتوماتيكي للمعدة المبينة في الشكل ٩-١٤، والتي يجب تغييرها؟ وكيف تقلل الفتحة الفرقية (التفاضلية) للمعدة؟ .

تمرين ١٢

خزان يرتفع مستوى الماء فيه بمعدل 2 سم/ق ، عندما يكون المفتاح في وضع «وصل» ، وينخفض بمعدل 1 سم/ق عندما يكون المفتاح في وضع «فصل» عند مستوى ماء بالقرب من 300 سم . تم التحكم في الخزان بعمل وصل/ فصل عند قيمة 300 سم، ومسافة فرقية 15 سم .

احسب الزمن والفترة التي يكون فيها المفتاح في وضع وصل .

(الإجابة :7.5 ق ، 22.5 ق)

[٢] العمل P (العمل المتناسب) P Action (Proportional Action)

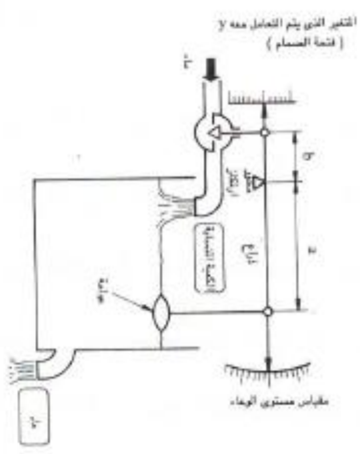
هو العمل الذي يقوم بتغيير المتغير الذي يتم التعامل معه بحجم يتناسب مع الانحراف (إشارة عمل التحكم) بين المتغير الذي يتم التحكم فيه (مثل مستوى السائل) وبين القيمة المستهدفة. ويمكن هنا تلاشي عيوب التذبذب في العمل وصل/فصل .

ويبين الشكل ٩-١٦، التحكم في مستوى الماء بواسطة العمل P. ويتم التحكم في مستوى الماء حتى ينطبق مع القيمة المستهدفة ، وذلك بتغيير فتحة الصمام بما يتناسب مع التغير في مستوى الماء ليغير الانسياب.

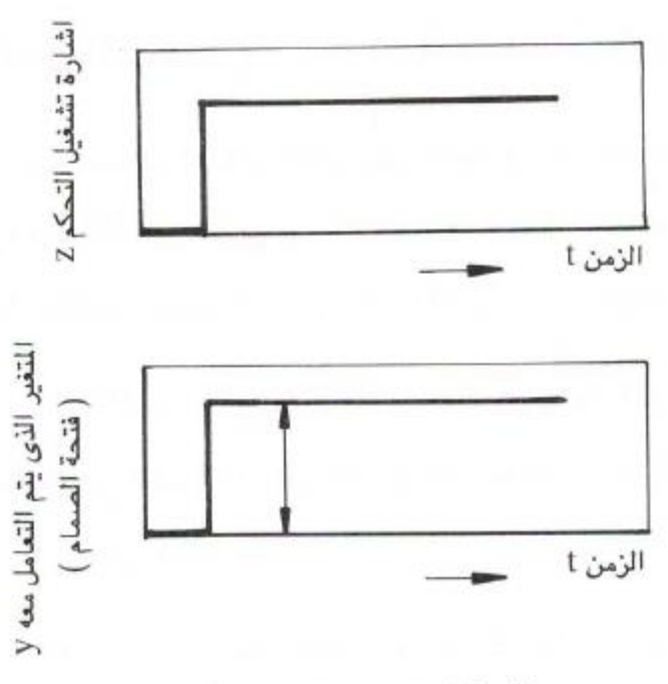
وبفرض أن الانحراف (إشارة عمل التحكم)، هو z ، وأن المتغير الذي يتم التعامل معه هو y ، تكون العلاقة بينهما كما في المعادلة (9-3) . ويسمى k_p كسب التناسب ، وهو يبين شدة العمل P .

$$y = k_p z \tag{9-3}$$

يبين الشكل ٩-١٧، العلاقة بين إشارة عمل التحكم التي تشبه الخطوة والمتغير الذي يتم التعامل معه في حالة العمل P .



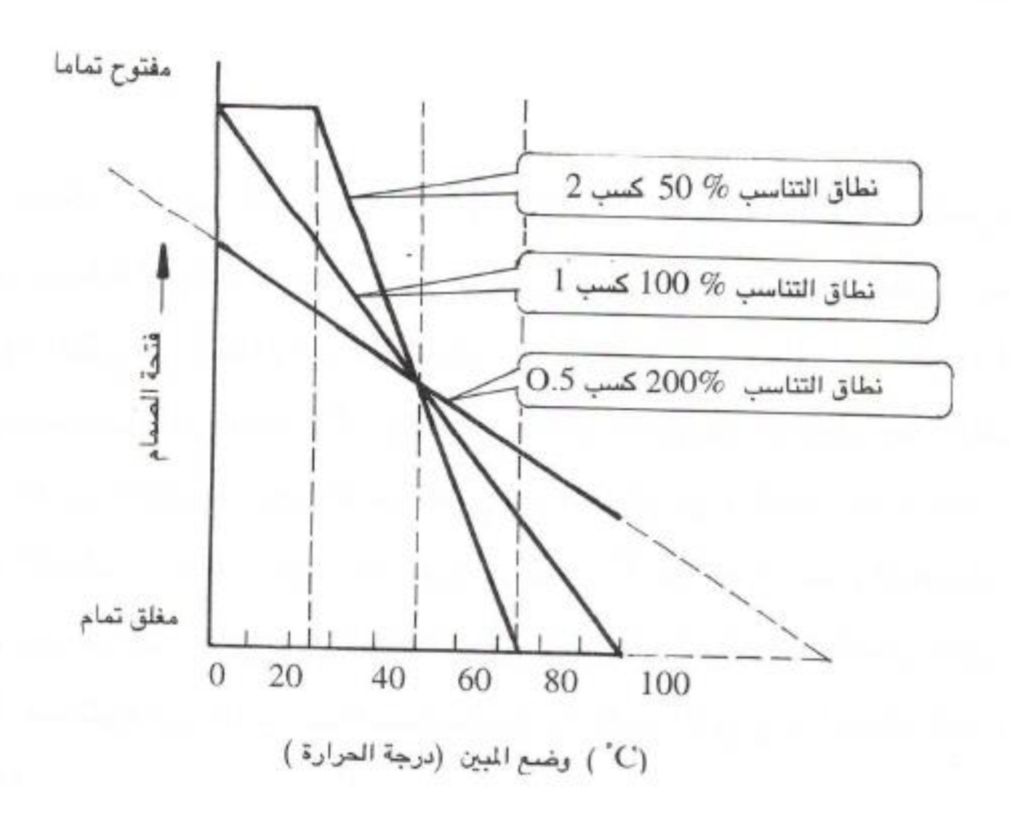
الشكل ٩-١٦ التحكم في مستوى الماء عن طريق العمل P



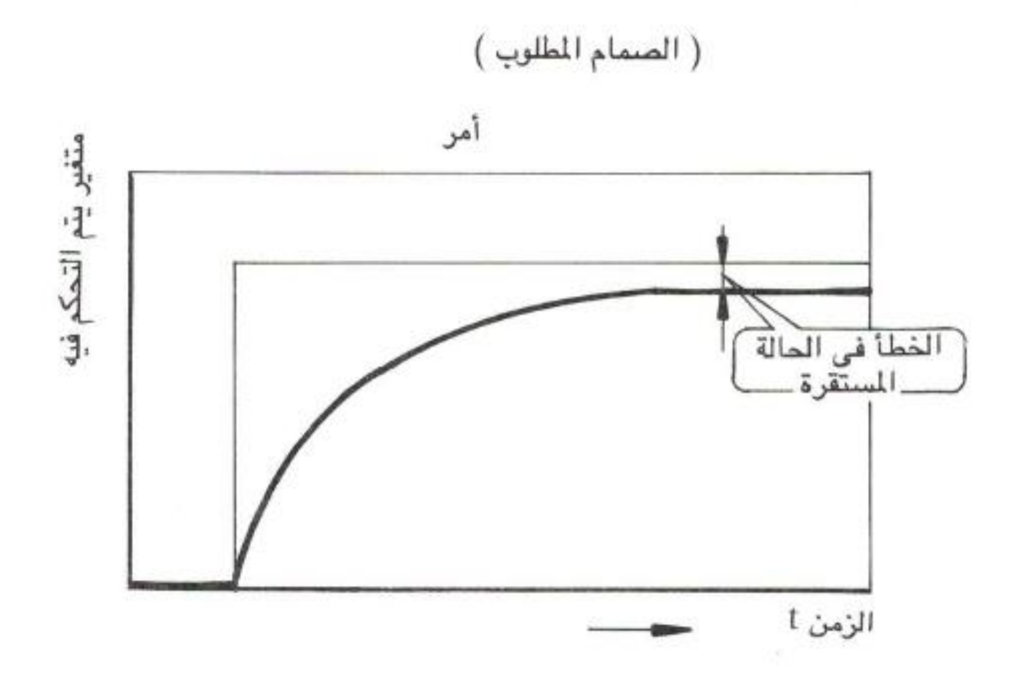
الشكل ٩-١٧ العمل P

وبزيادة النسبة b/a للذراع في الشكل ٩-١٦ ، تزداد فتحة الصمام بالتناسب مع تغير مستوى الماء . ويناظر كسب التناسب هذه النسبة للذراع. ويمكن الحصول على متغير كبير يتم التعامل معه (فتحة الصمام) حتى ولو كان الانحراف صغيراً (إشارة عمل التحكم) إذا كان كسب التناسب كبيراً .

* تستخدم مفاتيح التحكم نطاق التناسب بشكل أكثر من كسب التناسب. ويبين نطاق التناسب النسبة المئوية لمدى القياس الكلي لمفاتيح التحكم التي يحتاجها حجم الانحراف لتغيير المتغير الذي يتم التعامل معه (فتحة الصمام) من قفله تماماً إلى فتحه تماماً . وعلى سبيل المثال ، يكون نطاق التناسب لمفتاح التحكم ذي مدى قياس 100 ^{o}م كما في الشكل ٩-١٨ ، هـو 50% ، إذا أصبح الصمام مفتوحا تماماً عند 25 $^{\circ}$م ومقفولا تماماً عند 75 $^{\circ}$م بعد ضبطه ، عندما تكون القيمة المستهدفة مضبوطة على 50 $^{\circ}$م .وبشكل عام ، فإن مفاتيح التحكم الموجودة في السوق يمكن أن تُضبط بين نسبة مئوية صغيرة وحتى ~ 200 ~500% .



الشكل ٩–١٨ نطاق التناسب

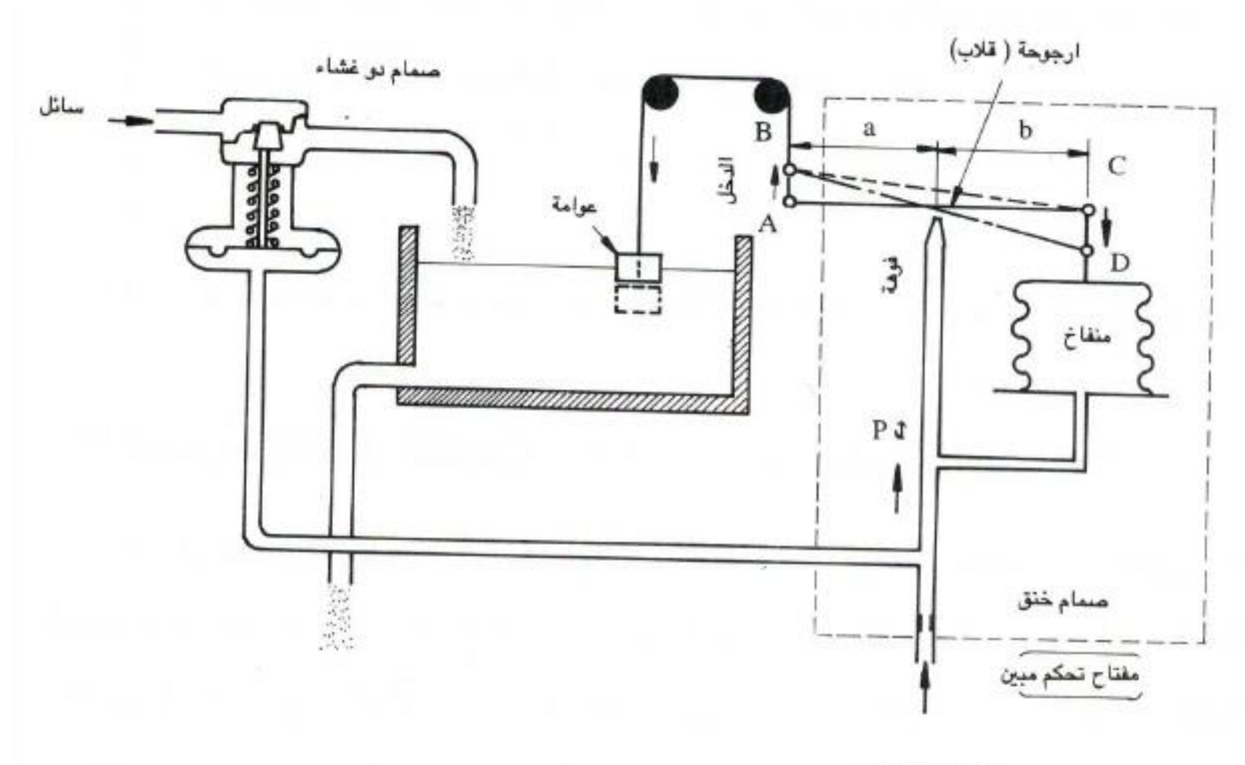


الشكل ٩–١٩ انحراف الحالة المستقرة

يستقر المتغير الذي يتم التحكم فيه على قيمة ثابتة بعد وقت كافٍ بعد تغيير القيمة المستهدفة أو بعد حدوث تغيرات في الحمل الذي يشبه الخطوة، بينما يتم التحكم الأوتوماتيكي في النظام المراد التحكم فيه ، ذي عنصر تخلف من المرتبة الأولى، عن طريق عمل متناسب . في العمل P ، يتناقص المتغير الذي يتم التعامل معه بالتدريج ،وبالتناسب، إذا تناقص الانحراف بين المتغير الذي يتم التحكم فيه والقيمة المستهدفة عن طريق تطبيق عمل التحكم . ولذلك ، فإن أحد عيوب العمل P هو أنه لا يمكن الوصول فيه إلى التوافق التام بين المتغير الذي يتم التحكم فيه وبين القيمة المستهدفة ، الأمر الذي يترك انحرافاً ذا حالة مستقرة بين القيمة المستهدفة والمتغير الذي يراد التحكم فيه ، كما في الشكل ٩-١٩ .

ويبين الشكل ٩-٢٠، معدة للتحكم في مستوى سائل باستخدام الهواء المضغوط .

ينفث الهواء المضغوط الذى يدخل من خلال ضمام الخنق . وتحرك العوامة الارجوحة من الوضع الاول AC الى الوضع BC . وهذا يقلل الضغط الخلفى للفوهة P_0 ويقلل الضغط داخل المنفاخ . ويضغط المنفاخ ، بحيث تعود الارجوحة الى الوضع BD ويتزن P_0 والضغط داخل المنفاخ ، وينتج خرج (ضغط هواء) يتناسب مع الدخل (وضع العوامة) ليفتح ويقفل الصمام ذا الغشاء بما يتناسب مع ضغط الهواء ، ويمكن ضبط كسب التناسب فى مدى واسع ، وذلك بتغير النسبة a:b للارجوحة وثابت ياى المنفاخ .



الشكل ٩-٢٠ جهاز التحكم في مستوى سائل عن طريق العمل P

تمرين ١٣

عند التحكم في درجة حرارة غرفة تجفيف ، كما في الشكل ٩-٣ ، ما هي قيمة كسب التناسب إذا فتح صمام المحرك 4 مم عندما كانت E_i تساوي 2 ملى فولت وإذا كان الإدخال الكامل لصمام المحرك هو 20 مم، فما هو مدى E_i التي يمكن أن تقوم بالعمل المتناسب ؟

(الإجابة: 2 مم/ملي فولت ، 10 ملي فولت)

تمرين ١٤

ما مقدار نطاق التناسب إذا كان المتغير الذي يتم التعامل معه مفتوحاً تماماً عند 70ه م ومقفولا تماماً عند 130ه م بمفتاح تحكم ذي مدى قياس من صفر حتى 150ه م ؟

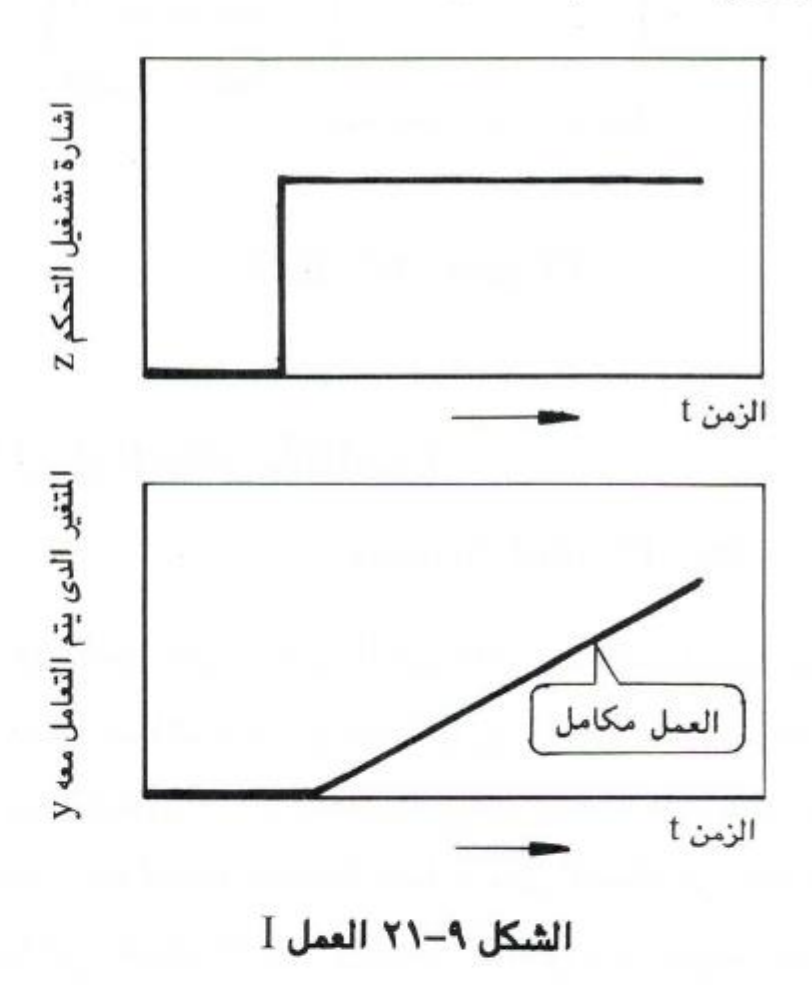
(الإجابة : 40%)

[٣] العمل I (العمل المكامل) I Action (Integral Action)

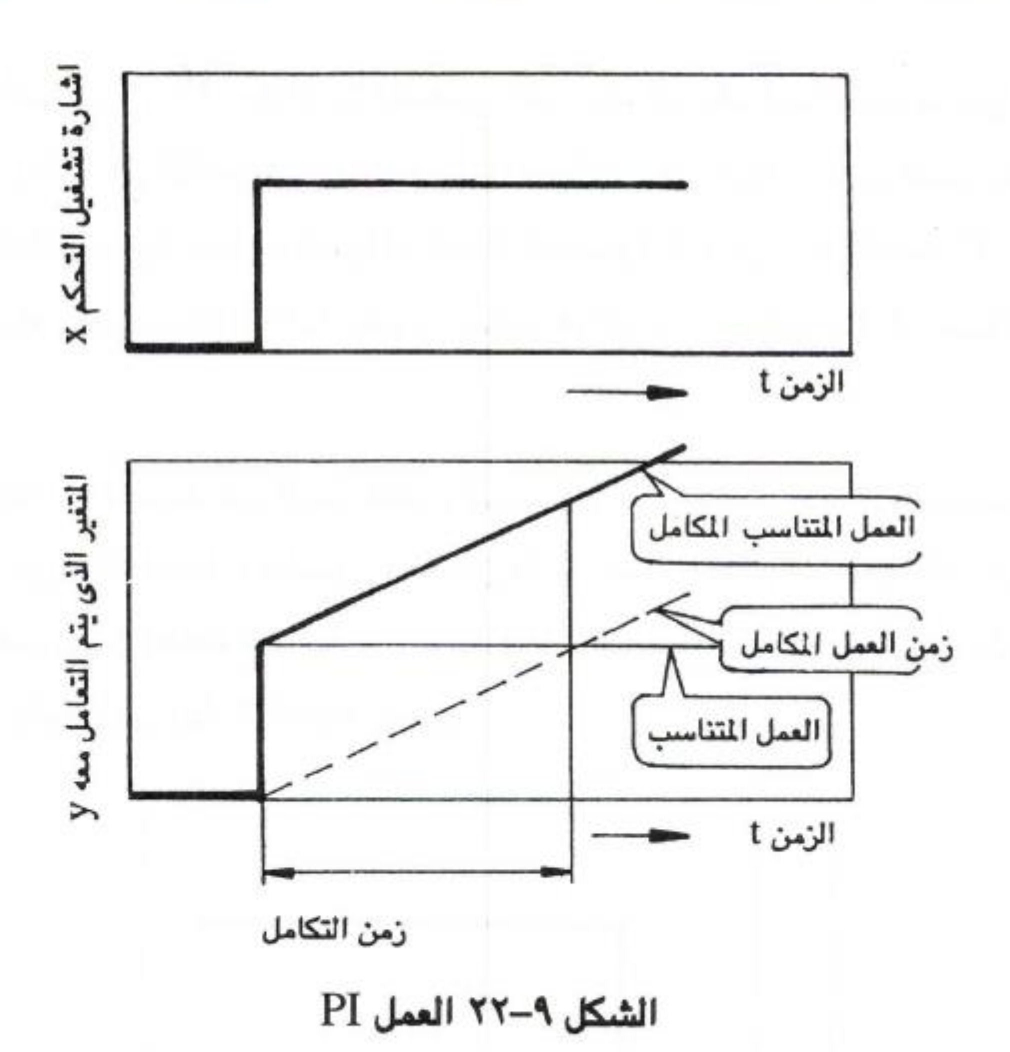
العمل اللازم لتغيير المتغير الذي يتم التعامل معه بمقدار يتناسب مع القيمة المتكاملة للانحراف (إشارة عمل التحكم) بين المتغير الذي يتم التحكم فيه والقيمة المستهدفة يسمى «العمل I»، كما في الشكل ٩-٢١ . والعمل الذي يقوم بإضافة المتغير الذي يتم التعامل معه ، والذي يتناسب مع القيمة المتكاملة لإشارة عمل التحكم إلى العمل P ، كما في الشكل ٩-٢٢، يسمى العمل PI . ويمكن أن تستخدم الأعمال I بطريقة منفصلة، ولكنها تستخدم مع الأعمال P، بشكل عام .

وفي الأعمال I , PI ، طالما أن المتغير الذي يتم التحكم فيه ينحرف عن القيمة المستهدفة، وطالما أن الانحراف (إشارة عمل التحكم) يبقى ثابتاً ، يقوم العمل بتصحيح القيمة المتكاملة ، بحيث يحذف انحراف الحالة المستقرة كما في حالة العمل P . غير أن الاتجاه للقيام بدورات Cycling يظهر، وتكون هناك حاجة لوقت قبل أن يستقر نظام التحكم .

وزمن إعادة الضبط هو الزمن اللازم للحصول على متغير يتم التعامل معه بنفس المقدار كما في حالة العمل التناسبى فقط عن طريق عمل التحكم المتكامل كما في الشكل ٩-٢٢ . ويعبر زمن إعادة الضبط عن شدة عمل التحكم المتكامل ، ويكون عمل التحكم أقوى عندما يكون زمن إعادة الضبط أقصر .



الشكل ٩-٢١ العمل I



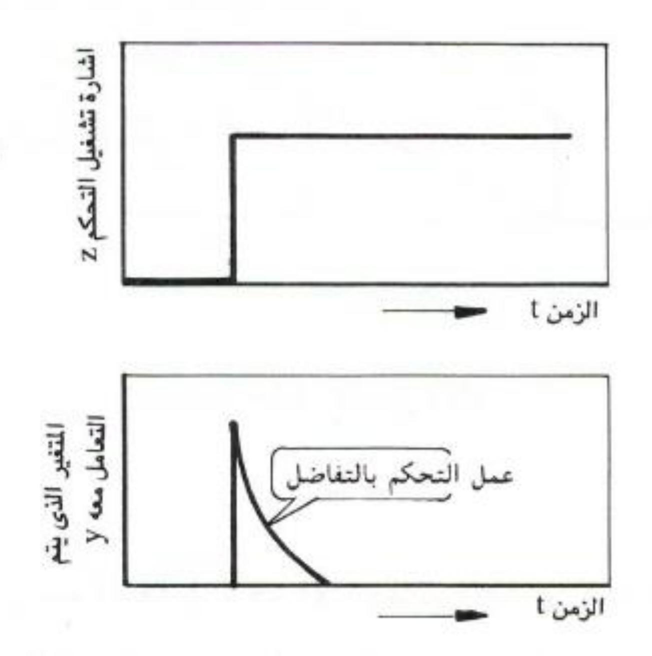
الشكل ٩-٢٢ العمل PI

[٤] العمل D (عمل التحكم بالتفاضل)

D Action (Derivative Control Action)

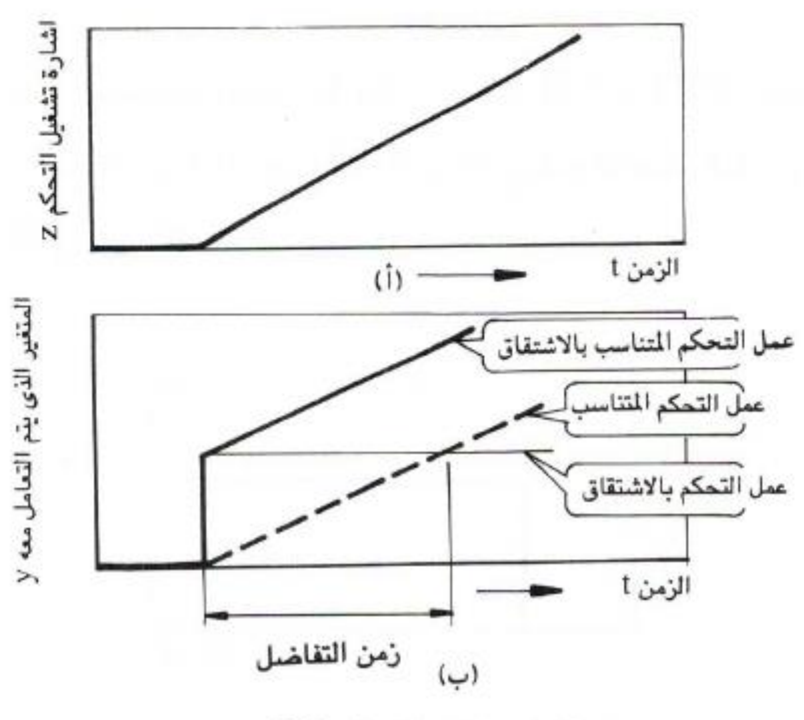
العمل D ، هو العمل اللازم لتغيير المتغير الذي يتم التعامل معه بمقدار يتناسب مع القيمة الفرقية للانحراف (إشارة عمل التحكم) بين المتغير الذي يتم التحكم فيه والقيمة المستهدفة ،كما في الشكل ٩-٢٣ . والعمل الذي يتم تطبيقه على متغير يتم التعامل معه ، والذي يكون متناسبا مع القيمة الفرقية لإشارة عمل التحكم في حالة العمل P ، يسمى العمل PD ، كما في الشكل ٩-٢٤ . والعمل PI الذي يتم تطبيقه مع العمل D يسمى

PID. وبشكل عام، يستخدم العمل D مثل الأعمال PD أو PID. ويؤدي العمل D أعمال تصحيح تتناسب مع السرعة المتغيرة للمتغيـر الذي يتم التحكم فيه ، ويستخدم عند تخميد تغيرات المتغير الذي يتم التحكم فيه بسرعة .



الشكل ٩-٢٣ العمل D

وعند زيادة إشـارة عـمل التـحكم بسـرعـة ثـابتـة،كـمـا في الشكل ٩-٢٤(أ)، تصـبح المتغيرات التي يتم التعامل معها ذات قيم ثابتة عند تطبيق العمل D فقط ، بينما تصبح خطا متقطعا عند تطبيق العمـــل P فقـط .

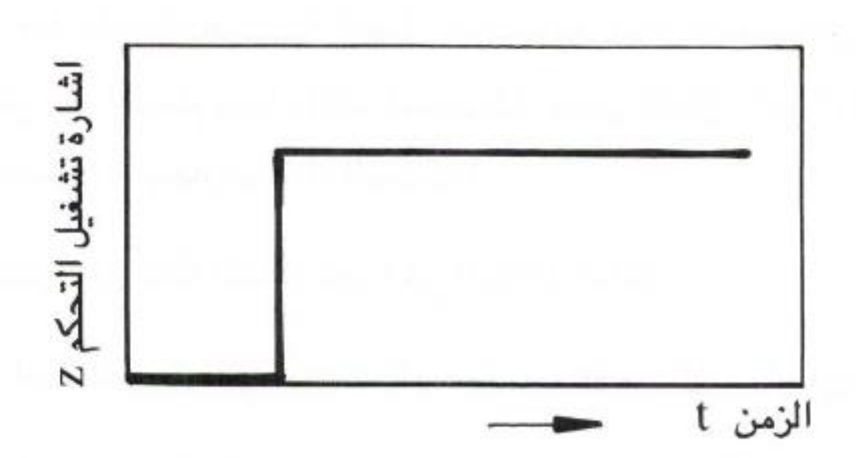


شكل ٩-٢٤ العمل PD

ويكون المتغير الذي يتم التعامل معه هو تجميع الاثنين ،كما في الشكل ٩-٢٤(ب). وزمن المعدل ، هو الزمن اللازم للحصول على متغير يتم التعامل معه بنفس المقدار كما في حالة العمل P فقط عن طريق العملD، عندما تكون إشارة عمل التحكم كما في الشكل ٩-٢٤(أ) . ويعبر زمن المعدل عن شدة عمل التحكم بالاشتقاق، ويكون عمل التحكم للتفاضل أقوى عندما يكون زمن المعدل أطول .

تمرين ١٥

بيّن متغيرات العمل PD التي يتم التعامل معها للتحكم في إشارات العمل على شكل خطوة كما في الشكل ٩-٢٥ .



الشكل ٩-٢٥ إشارة تشغيل التحكم على شكل خطوة

[٥] طريقة التحكم المناسبة

يمكن إجراء أعمال تصحيح تناسب تصرف إنحراف القيم المستهدفة وقيم المتغيرات التي يتم التحكم فيها في أنظمة التحكم الأوتوماتيكية عن طريق التغذية المرتدة ، وذلك لكي تتطابق المتغيرات التي يتم التحكم فيها مع القيم المستهدفة ، عندما تحدث إضطرابات ، أو عن طريق تغيير القيم المستهدفة . وتشمل هذه الأعمال التصحيحية أعمال وصل/فصل، "D","I","P".

وعادة ، فإن لكل عنصر – مثل عناصر التحكم النهائية ، والأنظمة التي يتم التحكم فيها وعناصر الكشف الابتدائية – إعاقة زمنية . وكذلك إشارات التغذية المرتدة التي يتم كشفها لها إعاقة زمنية والقصور أو التجاوزات overshoot عن القيم المستهدفة تحدث نتيجة لأعمال التصحيح عن طريق هذه الإشارات . وإذا تكررت هذه الأعمال (التصحيح) يصبح التحكم في حالة تذبذب .

وعندما تصبح الفروق بين القيم المستهدفة والقيم التي يتم التحكم فيها صغيرة ، تصبح إشارات عمل التحكم صغيرة أيضاً ، مما يجعل هناك صعوبة في التوافق التام مع المتغيرات التي يتم التحكم فيها والقيم المستهدفة. ويبين الشكل ٩-٢٦، العلاقة بين أنواع التحكم المختلفة والاستجابات لدالة الخطوة .

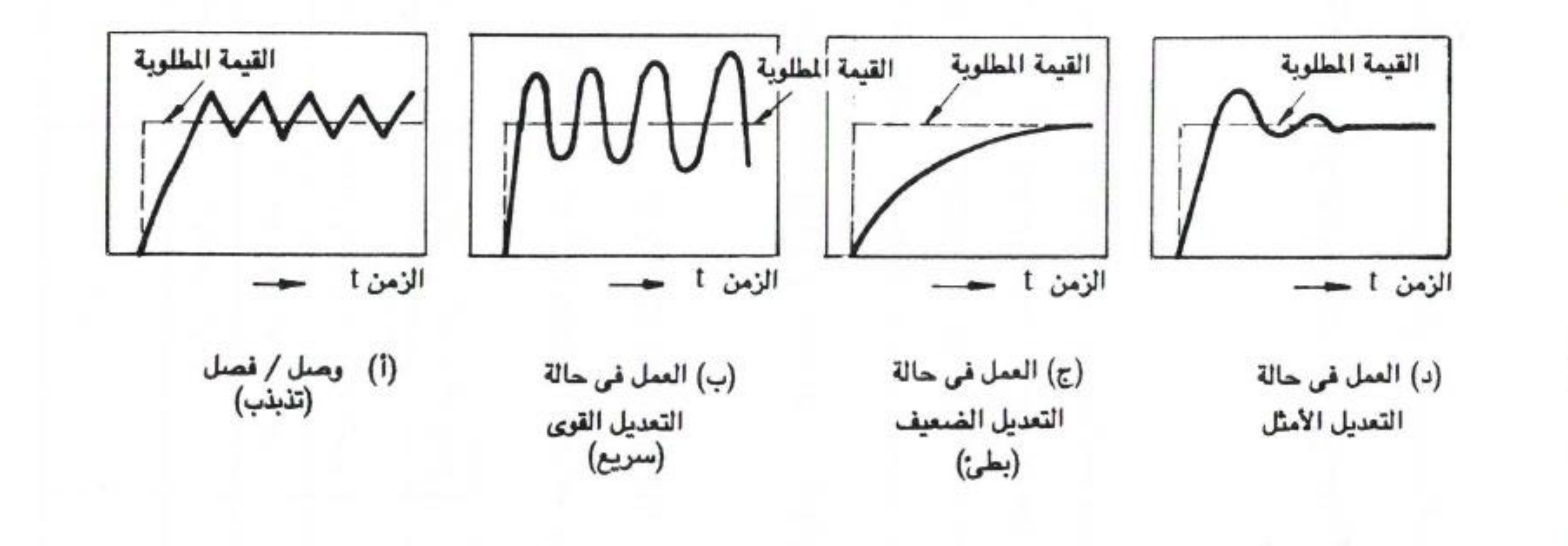
ويمكن القول بأن حالة التحكم جيدة في الحالات التالية :

(١) اقتراب المتغيرات التي يتم التحكم فيها بسرعة من القيم المستهدفة.

(٢) إذا أدت أعمال التصحيح إلى تجاوزات عن وضع التوازن المطلوب ثم إن هذه التجاوزات بسرعة تعود إلي حالة الإستقرار .

(٣) عدم بقاء الإنحراف عن حالة الإستقرار المطلوبه.

وهناك احتياج إلى أعمال تحكم تناسب الأغراض للمحافظة على ظروف تحكم جيدة. ويعرض الجدول ٩-٢، خصائص الأنظمة التي يتم التحكم فيها وأعمال التحكم المناسبة لها



الشكل ٩-٢٦ أنواع التحكم المختلفة والاستجابة لإشارة داله خطوة

الخاصية المحددة للجزء المراد التحكم فيه	مثال	عمل التحكم المتوافق
عنصر متناسب	التحكم في الانسياب	العمل I ، العمل PI
عنصر تخلف من المرتبة الأولى	تحكم بسيط في درجة الحرارة	العمل P ، العمل وصل/قطع
عنصر تخلف من المرتبة الأولى - يوجد إعاقة زمنية	التحكم في درجة الحرارة (يوجد كشف بمعدل)	العمل PID
العنصر المكامل	التحكم في مستوى السائل للغلاية	العمل P

الجدول ٩-٢ خصائص الأنظمة التي يتم التحكم فيها

وأعمال التحكم المناسبة لها

٩-٣-٣ عنصر التحكم النهائى Final Controlling Element

بعد استقبال إشـارات التشغيل من مفتاح التحكم ، يقوم عنصر التحكم النهائى بتحويلها إلى متغيرات يتم التعامل معها، ويؤثر على الأنظمة التي يتم التحكم فيها . فهو يناظر الأيدى في الإنسان . وتنقسم عناصر التحكم النهائية إلى أنظمة باستخدام الهواء المضغوط (نيوماتية) ، وأنظمة هيدروليكية وأنظمة كهربائية تبعاً للمتغيرات التي يتم التعامل معها.

[١] عنصر التحكم النهائى باستخدام الهواء المضغوط (النيوماتي)

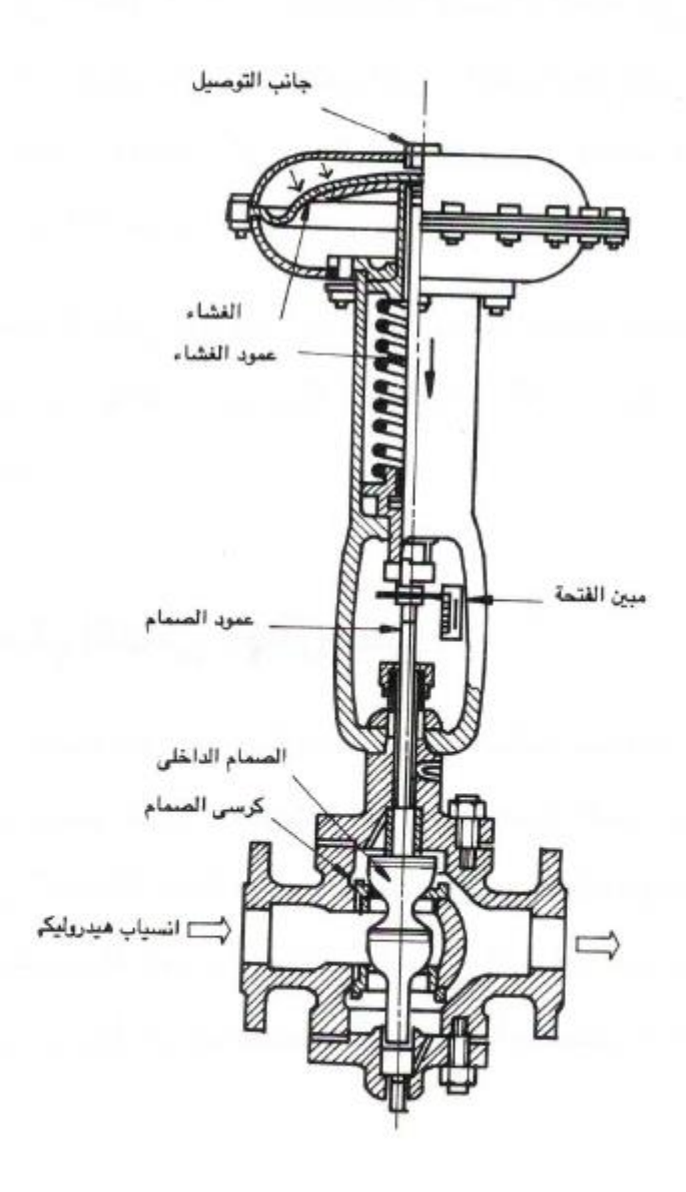
لعنصر التحكم النهائي باستخدام الهواء المضغوط ، أسطوانة هواء مضغوط وصمام غشائي .

وكما يظهر في الشكل ٩-٢٧ ، يستقبل الصمام الغشائي خرج إشارات التشغيل (ضغوط الهواء) عن طريق مفتاح تحكم بالهواء المضغوط عند بوابة يتم توصيلها معه. وعندما يدفع هذا الهواء الغشاء إلى أسفل ، يدفع محور الغشاء إلى أسفل أيضاً ليحرك الصمام ليضبط معدل الانسياب .

ولعنصر التحكم النهائي بالهواء المضغوط تركيب بسيط ،ويمكن الحصول منه على قوة تشغيل كبيرة . ويتميز بالأمان وسهولة الصيانة . ولكن يعيبه، أنه بطيء في أدائه عندما تكون المسافة كبيرة .

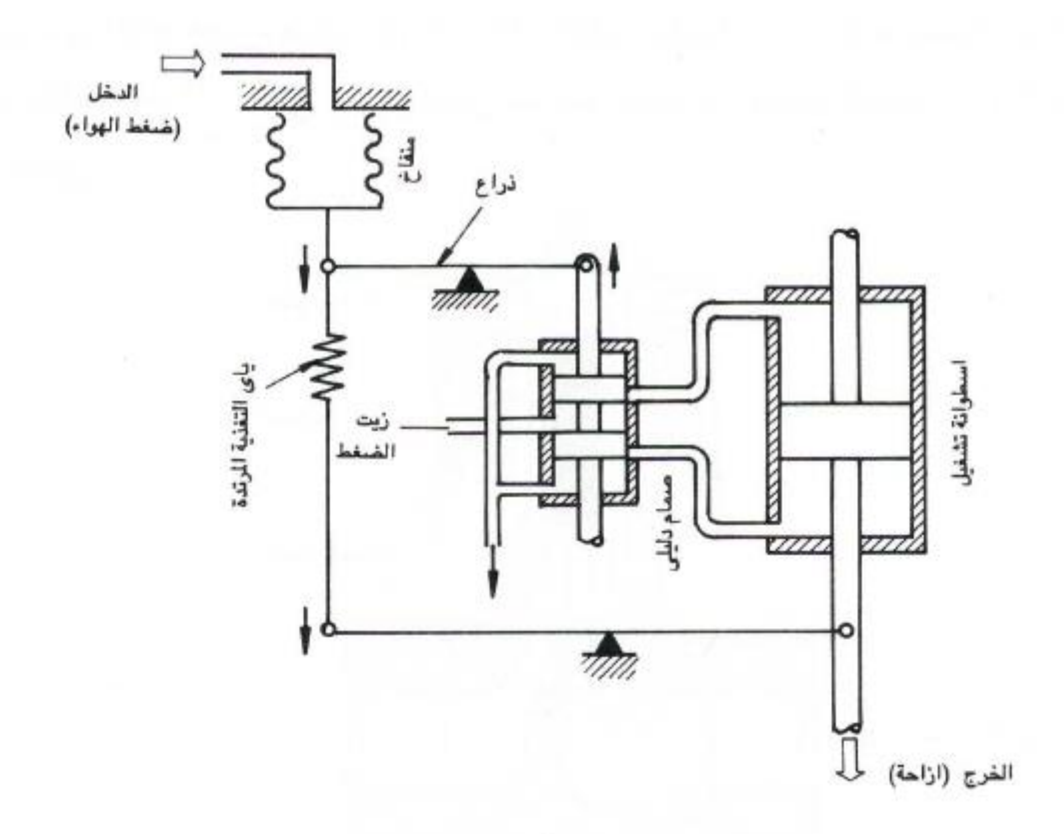
[٢] عنصر التحكم النهائى الهيدروليكى

بشكل عام ، تستخدم أسطوانة هيدروليكية كآلية تشغيل لعنصر التحكم النهائى الهيدروليكى . وهو يتسم بسهولة التركيب ، وبقوة تشغيل كبيرة وسهولة في الصيانة . ولا ينتج عنه إعاقة في الانتقال كما في حالة نظام الهواء المضغوط . وعيوبه هي أنه يحتاج لماسورتين هيدروليكيتين للذهاب والعودة ، كما أن المسافة محدودة . ويبين الشكل ٩-٢٨ عنصر تحكم نهائى هيدروليكي يستخدم صماماً دليلياً واسطوانة هيدروليكية .



القوة تساوى حاصل الضرب بين (ضغط هواء اشارة التشغيل) و(المساحة الفعالة للغشاء) ، ويعمل رد فعل الياي على المحافظة على وضع متزن ، بحيث يكون ضغط الهواءالذى يؤثر على الغشاء متناسبا مع ازاحة عمود الصمام . ويكون ضغط الهواء 0.2الى 1.00 كجم قوة / سم٢ .

الشكل ٩–٢٧ الصمام الغشائي Diaphragm Valve

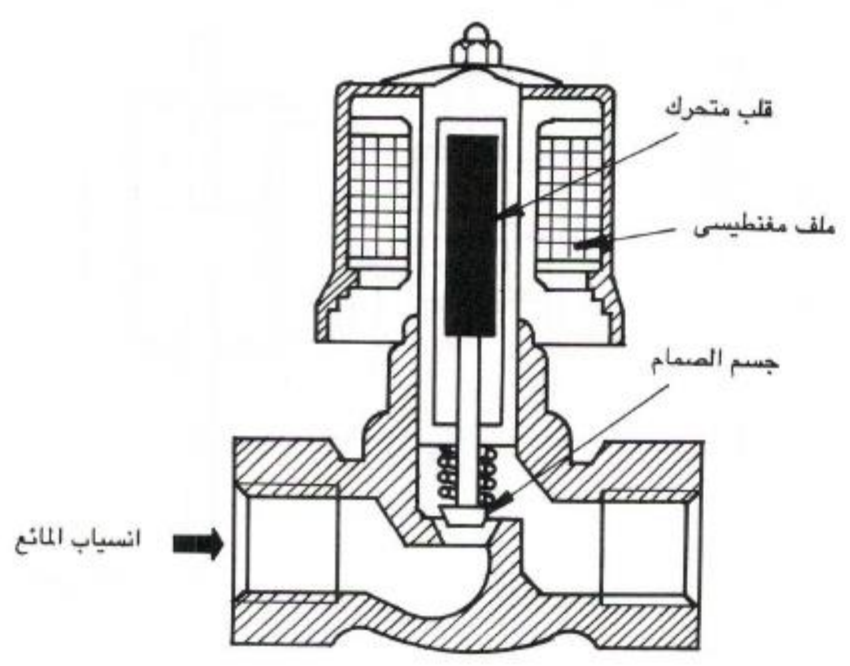


عند تطبيق ضغط هواء على المنفاخ ، يفقد التوازن بين المنفاخ والباى ، ويتمدد المنفاخ إلى أسفل . وعند هذا الوقت ، يرتفع مكبس الصمام الدليلى وينساب الزيت فى الغرفة العليا لاسطوانة التشغيل ليدفع المكبس إلى اسفل . وتعود حركة المكبس عكسيا عن طريق الذراع وتتم المحافظة على الاتزان عن طريق المنفاخ المتمدد والياى . وبهذا يفتح ويقفل الصمام دائما بالتناسب مع ضغط الهواء .

الشكل ٩-٢٨ عنصر التحكم النهائي الهيدروليكى

[٣] عنصر التحكم النهائى الكهربائي

وتتمثل عناصر التحكم النهائي الكهربائية في المحركات ، وصمامات المحرك ، والصمامات ذات الملفات اللولبية . فتستخدم الصمامات ذات الملفات اللولبية في حالة التشغيل ذي الوضعين، وحيث تكون قوة التشغيل صغيرة . وتستخدم صمامات المحرك عند القيام بالأعمال P ، التي تتطلب قوى تشغيل كبيرة . ويبين الشكل ٩-٢٩ الصمام ذا الملف اللولبى .



عندما يمتز وينفصل القلب المتحرك داخل الملف الكهرومغنطيسى عن طريق تيار الإثارة ، يفتح ويقفل قرص الصمام المتقارن مع القلب . وبذلك ، فإن الصمام ذا الملف اللولبى يقوم بفتح وقفل قرص الصمام .

الشكل ٩-٢٩ صمام ذو ملف لولبي Solenoid Valve

٩ – ٤ آلية المؤازرة Servo - mechanism

هى نظام تحكم للمتابعة ، يتم إنشاؤه لمتابعة التغيرات العشوائية للقيمة المستهدفة باستخدام مواقع الأجزاء واتجاهاتها ووضعها ، الخ.. كمتغيرات يتم التحكم فيها . وتستخدم آليات المؤازرة في مجالات تطبيقية واسعة . وكما فى الجدول ٩–٣ ، تستخدم آليات المؤازرة مستقلة فى التحكم فى آلات التشغيل وقيادة السفن . وتستخدم أيضاً كمركبات لعمليات التحكم والضبط الأوتوماتيكي . وعند تصنيف آليات المؤازرة تبعاً لعنصر آلية التشغيل، يمكن أن تنقسم هذه الآليات إلى الأنوا ع الهيدروليكية والكهربائية وتلك التي تعمل بالهواء المضغوط (النيوماتيه) .

التطبيق	مثال ملموس
موازن ذاتي	القياس عن بعد ، مسجل بيان ، راسمة X-Y التحكم في الحدود الخارجية .... المخرطة ، ماكينة التفريز التحكم في الموضع .... مركز تشغيل ، ماكينة تثقيب
ماكينة تشغيل	
مُشغل يدوي	المُشغل الأوتوماتيكي (الروبط)
جسم في حركة	التحكم الأوتوماتيكي في وضع السفينة والطائرة ، والتحكم في توجيه الصاروخ
التحكم النهائي للتحكم في العمليات	صمام يعمل بالمحرك ، صمام ذو غشاء ، التحكم في وضع الصمام لصمام التحكم في ضغط الزيت
تطبيقات أخرى	رادار متابعة (مواصلة)

الجدول ٩ – ٣ تطبيقات آلية المؤازرة

ويتميز النوع الهيدروليكي بسرعة الاستجابة ، وبأنه مدمج ، ولكنه ينتج خرجاً كبيراً . أما النوع الكهربائى ، فهو بطيء ولكنه يتفوق فى الناحية الاقتصادية وسهولة التشغيل بالمقارنة مع النوع الهيدروليكي . ويستخدم أيضا النظام الهيدروكهربائي المختلط بكثرة ، عن طريق التعامل كهربائيا مع الإشارات وتوليد قوة دافعة هيدروليكياً، مستخدما مزايا النوعين.

٩-٤-١ آلية المؤازرة الهيدروليكية

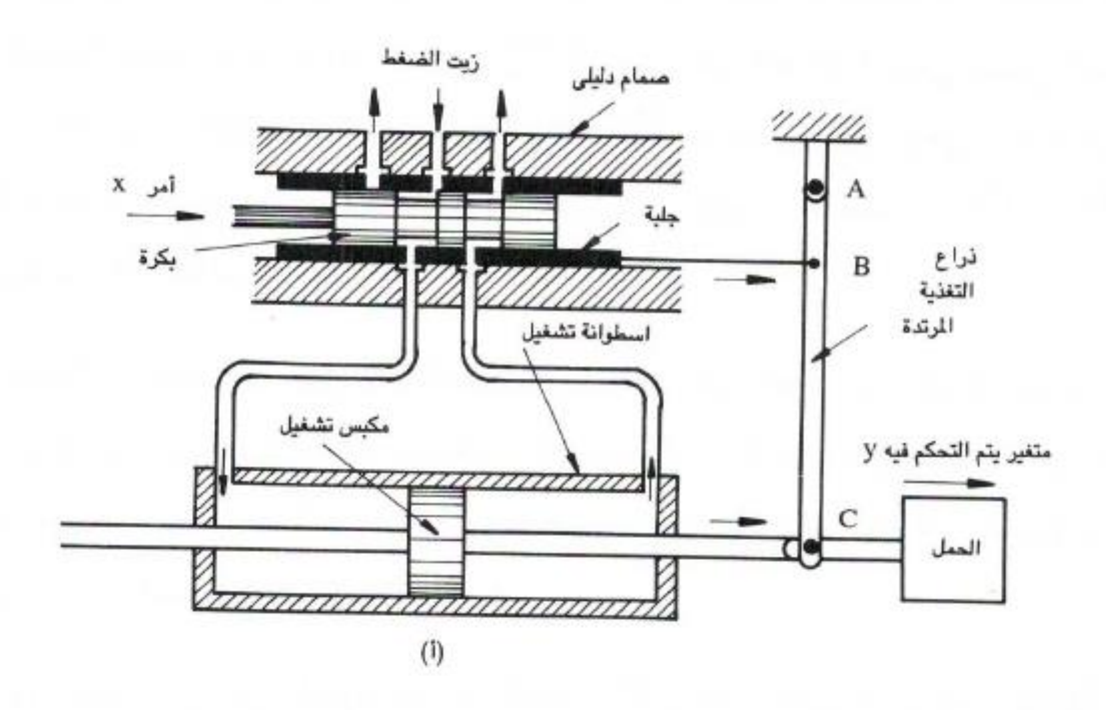
يبين الشكل ٩-٣٠ (أ) ، مثالاً لآلية مؤازرة هيدروليكية . وفي الرسم التخطيطى ، يكون المتغير الذي يتم التحكم فيه هو الموضع y لحمل متصل مع مكبس تشغيل ، وتكون القيمة المستهدفة هي الموضع X لمغزل ذي صمام دليلي . والغرض من هذا النظام هو متابعة المتغير الذي يتم التحكم فيه y بالنسبة للقيمة المستهدفة X .

يبين الشكل ٩-٣٠ (ب) .هذا النظام فى شكل رسم تخطيطي وظيفي . وفى الحقيقة ، يتم القيام بهذه الأعمال بسرعة، إلى حد بعيد .

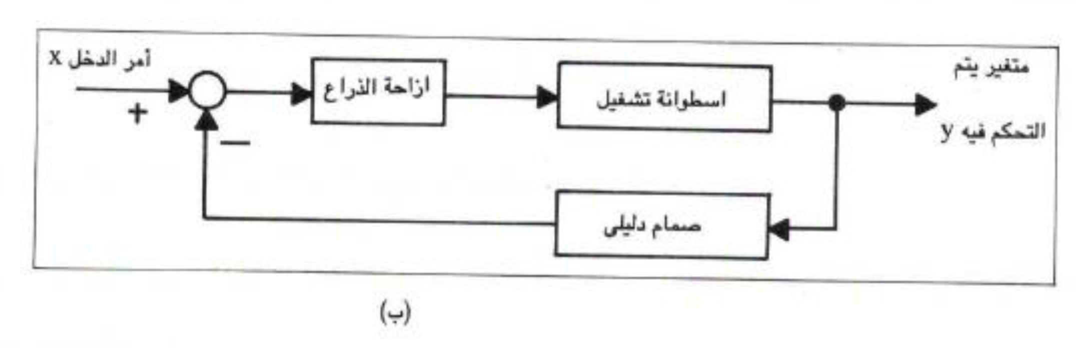
وتنقسم آليات المؤزارة الهيدروليكية إلى النوع ذي الصمام الدليلي ، والنوع ذي أنبوبة الحقن ، والنوع ذي الفوهة - القلاب ، والنوع ذي صمام المؤازرة وأنوا ع أخرى .

وصمامات المؤازرة التى تستخدم بكثرة فى آليات المؤازرة الهيدروكهربائية تقوم بتشغيل صمام دليلي عن طريق إشارات كهربائية . ويبين الشكل ٩-٣١، تركيب صمام المؤازرة

عندما يتحرك وضع بكرة الصمام الدليلى إلى اليمين مسافة x ، تتحرك بكرة الصمام الدليلي مسافة xلحظيا ، بينما يبقى الحمل مستقرا . وينساب الزيت فى الغرفة اليسرى لاسطوانة التشغيل ، فيتحرك مكبس التشغيل الى اليمين . وبهذا يتحرك ذراع التغذية المرتدة إلى اليمين باستخدام A كمحور ارتكاز ، وتتحرك الجلبة إلى اليمين لإيقاف انسياب الزيت حتى يصبح المتغير الذى يتم المتحكم فيه متناسبا مع القيمة المستهدفة x .



(أ)



(ب)

الشكل ٩–٣٠ آلية مؤازرة هيدروليكية (صمام دليلي) Guide Valve

٩-٤-٢ آلية المؤازرة الكهربائية

تستخدم آلية المؤازرة الكهربائية محركاً فـي جـزء آلية التشغيل، وتستخـدم مكبر قدرة لإدارة المحرك . ويبين الشكل ٩-٣٢، مثالاً لآلية مؤازرة كهربائية .

وفى الرسم التخطيطى ، تكون زاوية الدوران $\theta 1$ لليد الموجودة على الحافة اليسرى ، هي القيمة المستهدفة، وزاوية الدوران $\theta 2$ للحمـل على الحافة اليمنى هـي المتغير الذي يتم التحكم فيه . وتكون البوتنشيومترات $P2, P1$ من نفس النوع ،وهى عبارة عن محولات طاقة (زاوية / جهد) (مبدلات طاقة) للتحويل إلى جهود متناسبة مع $\theta 1$, $\theta 2$. وتسمى المحركات DC موتورت مؤازرة .

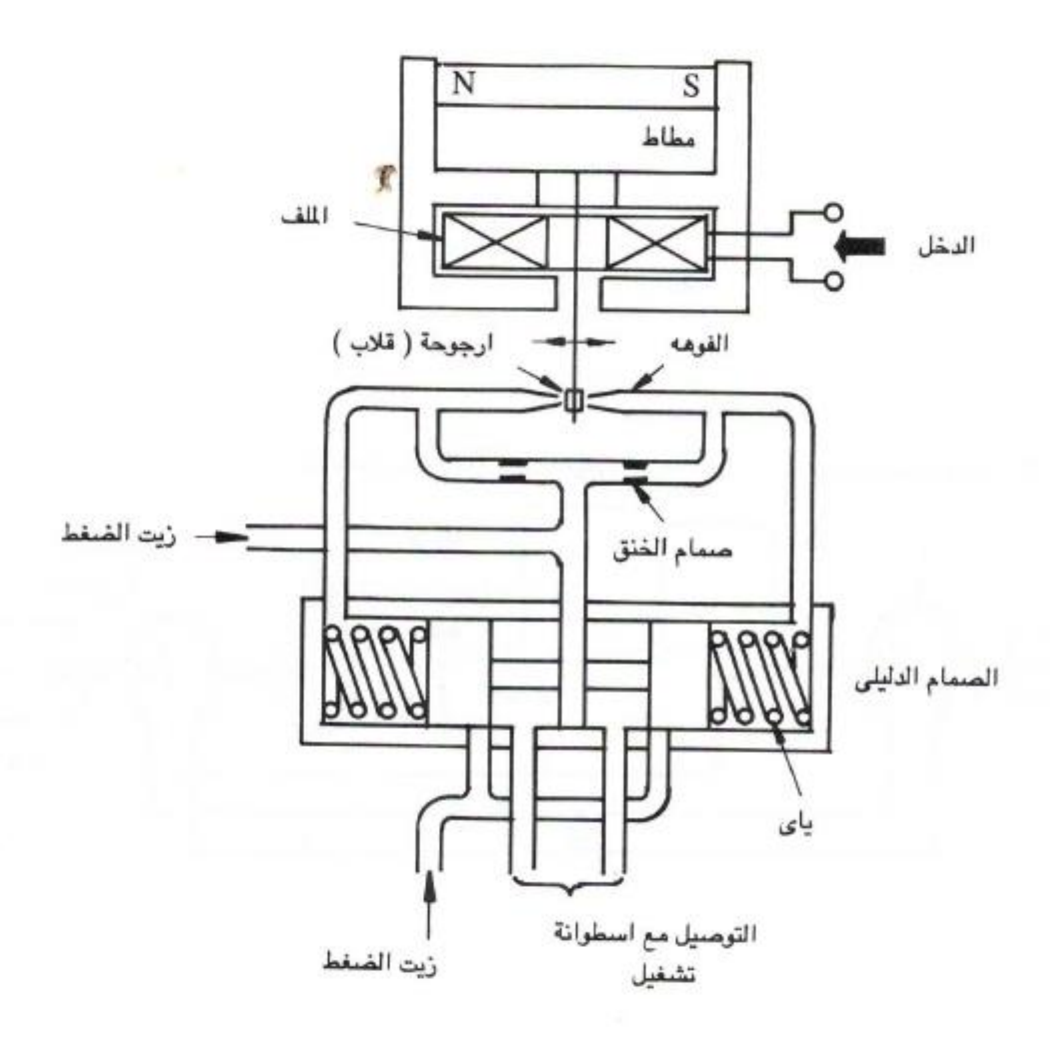
وتتماثل أساسيات عمل محركات المؤازرة ومحركات الحث المستخدمة، بشكل عام. غير أنه ، يمكن بدء تشغيل وإيقاف محركات المؤازرة كثيراً ، كما يمكن تشغيلها في حالة نطاق كبير من السرعات، بدءاً من سرعات منخفضة إلى سرعات عالية . ولمحركات المؤازرة تركيب خاص لتناسب المتطلبات التاليـة :

(١) يمكن أن يدور المحرك للأمام والخلف وتكون خصائص الإتجاهين متماثلة.

(٢) يمكن الحصول على دوران ناعم عند السرعة المنخفضة .

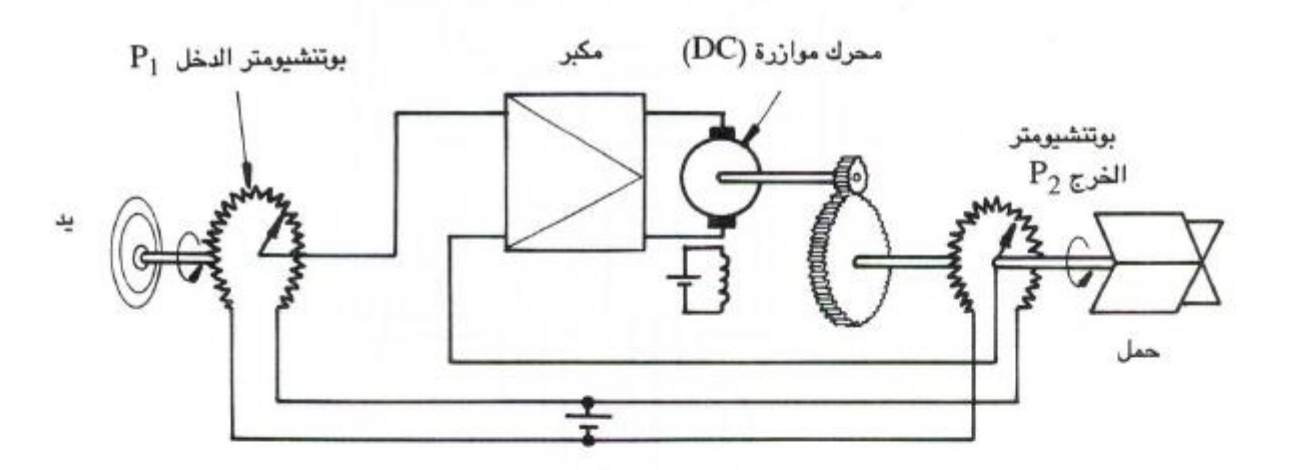
(٣) يمكن الحصول على تعجيل وتباطؤ بسرعة.

وتستخدم محركات المؤازرة الـ DC ، والـ AC والمحركات النبضية كمحركات مناسبة لهذه الحالات .



يبين الجزء العلوي من الشكل الجزء الخاص لتحريك الأرجوحة عن طريق التيار . وتثبت الأرجوحة من خلال مطاط . عندما تتحرك الأرجوحة الى اليسار وإلى اليمين بمت يتناسب مع تيار الملف ، تقل كمية الزيت التي تنفث خلال احدي الفوهات ، بينما تزيد في الفوهة الأخرى . وبهذا ينتج فرق فى الضغوط الخلفية الأيسر والايمن داخل الصمام الدليلي ، وتعمل الأرجوحة حتى تتزن القوة مع الياي . ويتم تغذية هذه الحركة إلى الجانب الايسر وإلى الجانب الايمن لاسطوانة التشغل .

الشكل ٩-٣١ تركيب صمام المؤازرة (السرڤو)



إاذا كانت زاويتا الدوران للبوتنشيومتر P_2,P_1 متساويتين ، يكون الانحراف (فرق الجهد) مساويًا للصفر ، ولا يدور المحرك (DC) . وعند ادارة اليد بزاوية θ_1 ، يدور البوتنشيوميتر P_1 ايضا زاوية θ_1 ، فينتج فرق جهد يتناسب مع الفرق فى زوايا الدوران مع البوتنشيوميتر P_1 . ويتم تكبير هذا الفرق ي الجهد لإدارة المحرك DC ، بحيث يدور الحمل بزاوية θ_2 تتناسب مع القيمة المستهدفة θ_1 .

الشكل ٩–٣٢ مثال لآلية مؤازرة كهربائية

[١] المحرك النبضى Pulse Motor

يسمى المحرك النبضي أيضا بالمحرك التدريجي . وهو يستقبل إشارات نبضية رقمية ويحولها إلى حركة دورانية . فيدور المحرك بدقة بمقدار زاوية ثابتة لكل إشارة نبضية يستقبلها . وبهذا يمكن الحصول على زاوية دوران تتناسب مع عدد الإشارات النبضية .

ويبين الشكل ٩-٣٣، التركيب والمنظر الخارجي للمحرك النبضي .

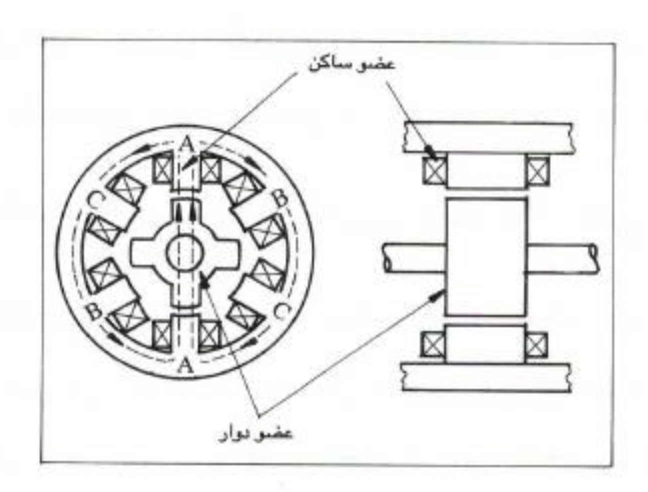
ويتكون المحرك النبضى من عضو ساكن وعضو دوار . وكما يبدو فى الشكل ٩-٣٣(أ) ، يكون للقطب المغنطيسى في العضو الساكن قطبان فى أوضا ع متقابلة . وعند إثارة العضو الساكن للقطب A ، ينجذب القطب المغنطيسى للعضو الدوار القريب من هذا القطب ليدير العضو الدوار ، ويتوقف فى الموضع المقابل كما في الشكل . وبعد ذلك ، إذا تم إثارة القطب B بدلا من القطب A ، ينجذب القطب المغنطيسى الدوار بين C,B عن طريق القطب B ويبقى ساكناً فى الوضع المقابل . وبالمثل ، عند إثارة القطب C ، يدور العضو الدوار فى نفس الاتجاه وبنفس الزاوية .

وعليه ، بتغيير تتابع الإثارة، يمكن إدارة العضو الدوار خطوة بخطوة. وبعكس تتابع الإثارة ، ينعكس الدوران . وبتغيير قطب الإثارة لكل إشارة نبضية يتم استقبالها ، يمكن إدارة العضو الدوار بنفس الزاوية .

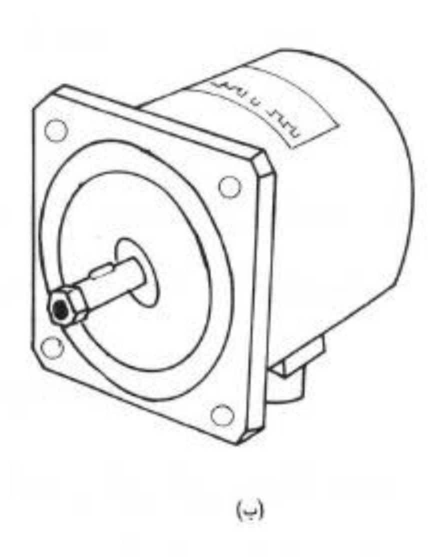
[٢] المحرك النبضى الهيدروكهربائي

يَستخدم المحرك النبضى الهيدروكهربائي محركاً نبضياً كهربائياً لتحويل نبضات الأمر إلى حركة دوران،وكذلك يستخدم محركاً هيدروليكياً لتكبير قوة الدوران .ولهذا تُستخدم المحركات النبضية الهيدروكهربائية فى آلات التشغيل الكبيرة لإدارتها دون إعاقة .

ويبين الشكل ٩-٣٤، أساسيات تشغيل النظام الهيدروليكى فى المحرك النبضى الهيدروكهربائي .

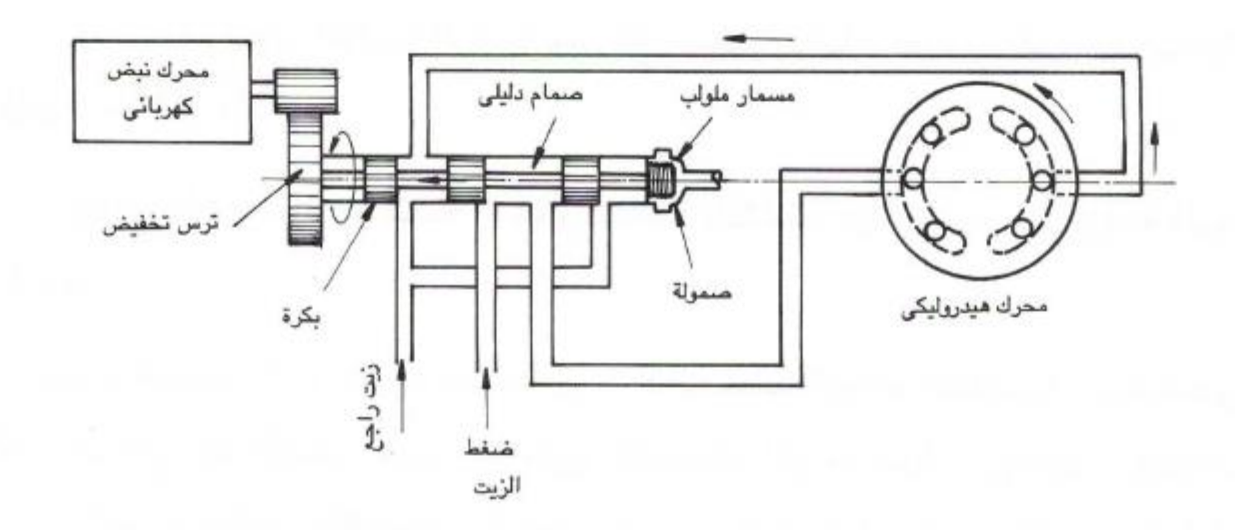


(أ)



(ب)

الشكل ٩-٣٣ المحرك النبضي



توصل البكرة وعمود الخرج من خلال مسمار مسنن وصمولة . وعند دوران المحرك النبضى الكهربائى بزاوية تساوى وحدة الزوايا ، ينتج فرق فى الزاوية بين المحرك النبضى وعمود الخرج . وتدور البكرة وتتحرك الى اليسار بمسافة تتناسب مع الفرق الزاوي عن طريق المسمار . ويدفع زيت الضغط الى المحرك الهيدروليكى لإدارة العمود . ويدور المحرك الهيدروليكى عند توقف المحرك النبضى الكهربائى فقط ، كما تتحرك الصمولة مع المحرك الهيدروليكى عند هذا الوقت ، وذلك حتى تعود البكرة الى الوضع الأول بعد التحرك إلى اليمين .

الشكل ٩–٣٤ أساسيات تشغيل المحرك النبضى الهيدروكهربائي

٩–٤–٣ آليات المؤازرة التناظرية والرقمية

Digital and Analogue Servo - mechanisms

إذا كان نوع الإشارات التي يتم تبادلها في آلية المؤازرة رقميا ، تسمى الآلية بآلية المؤازرة الرقمية . وإذا كان نوع الإشارات تناظرياً، تسمى الآلية بآلية المؤازرة التناظرية .

. وتحقق آلية المؤازرة الرقمية دقة واستقرار عاليين لا يتحققان عن طريق آليات المؤازرة التناظرية التقليدية .

وتَستخدم آليات المؤازرة الرقمية محركات نبضية وآليات المؤازرة التناظرية محركات مؤازرة DC و AC .

وتؤدى آليات المؤازرة عملية التحكم أساساً بالكشف عن الإزاحة مثل إزاحة الموضع والزاوية .

ويبين الجدول ٩-٤، أنواع وأساسيات كاشفات الموضع التناظرية . ويتم تحويل الكميات التي يتم الكشف عليها عن طريق كاشفات إلى ضغوط ، وجهود ، وتيارات ، .... الخ . وتستخدم الكاشفات المبينة في الجدول، أساسا، في آليات المؤازرة . كما أنها تستخدم أيضا كمركبات للتحكم فى العمليات.

وبالمقارنة مع كاشفات الموضع التناظرية، تستخدم كاشفات الموضع الرقمية (المستخدمة في آليات المؤازرة الرقمية) بكثرة في التحكم العدديّ وأغراض أخرى .

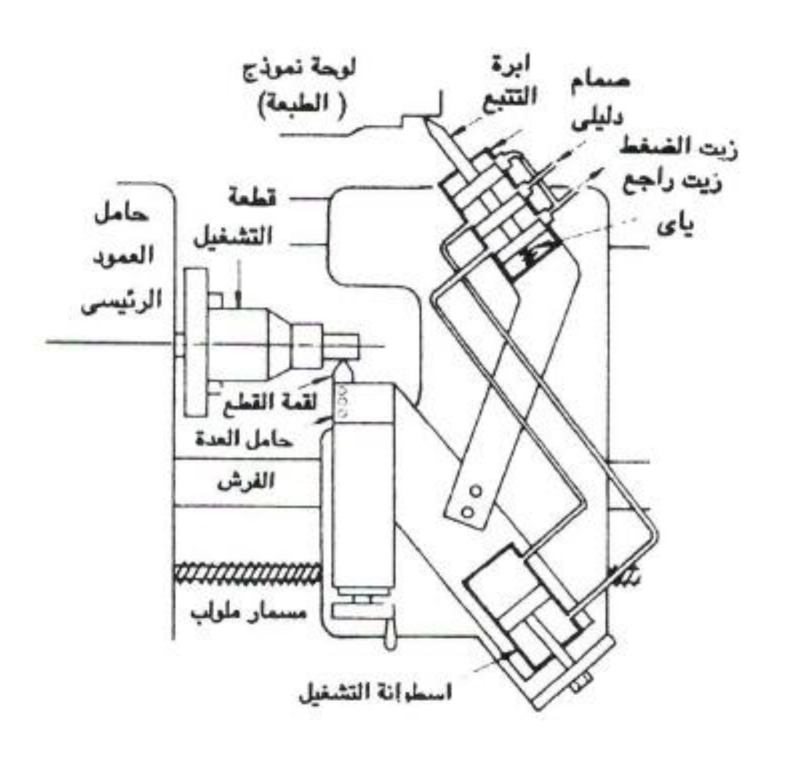
الأنواع	المبادىء
مقاومة متغيرة	تغير المقاومة الكهربائية عن طريق منزلقة متحركة
محول فرقي	تغير المحاثة عن طريق وضع القلب الحديدي
انبوب ضوئي	تغير كمية الضوء عن طريق إنحراف شق طولي
مقياس إنفعال ذو سلك مقاومة	تغير المقاومة الكهربائية للسلك بالتشوه

الجدول ٩-٤ أنواع وأساسيات الكاشفات

٩-٤-٤ أمثلة لآليات المؤازرة

التحكم في عملية النسخ : فى حالة التحكم في النسخ في آلات التشغيل، تتحرك إبرة التسجيل على طبعة تم صنعها بالشكل المطلوب . وتتحول الكميات التى تعطيها إبرة التسجيل إلى حركة محرك هيدروليكى أو آلية مؤازرة كهربائية للتحكم في موضع العِدّة . ويبين الشكل ٩-٣٥، مخرطة نسخ هيدروليكية كمثال للتحكم في النسخ .

هذه مخرطة نسخ هيدروليكية تستخدم صماماً دليلياً، فيتغير مقدار الزيت الذي يدخل إلى اسطوانة التشغيل عن طريق الصمام الدليلي المتصل مع إبرة التتبع ، الذى يدفع المكبس الثابت ليحرك الاسطوانة حركة متناسبة . وتثبت عدة مكملة للاسطوانة لتقطع نفس الشكل مثل الطبعة .



الشكل ٩ - ٣٥ التحكم فى النسخ Copy Control

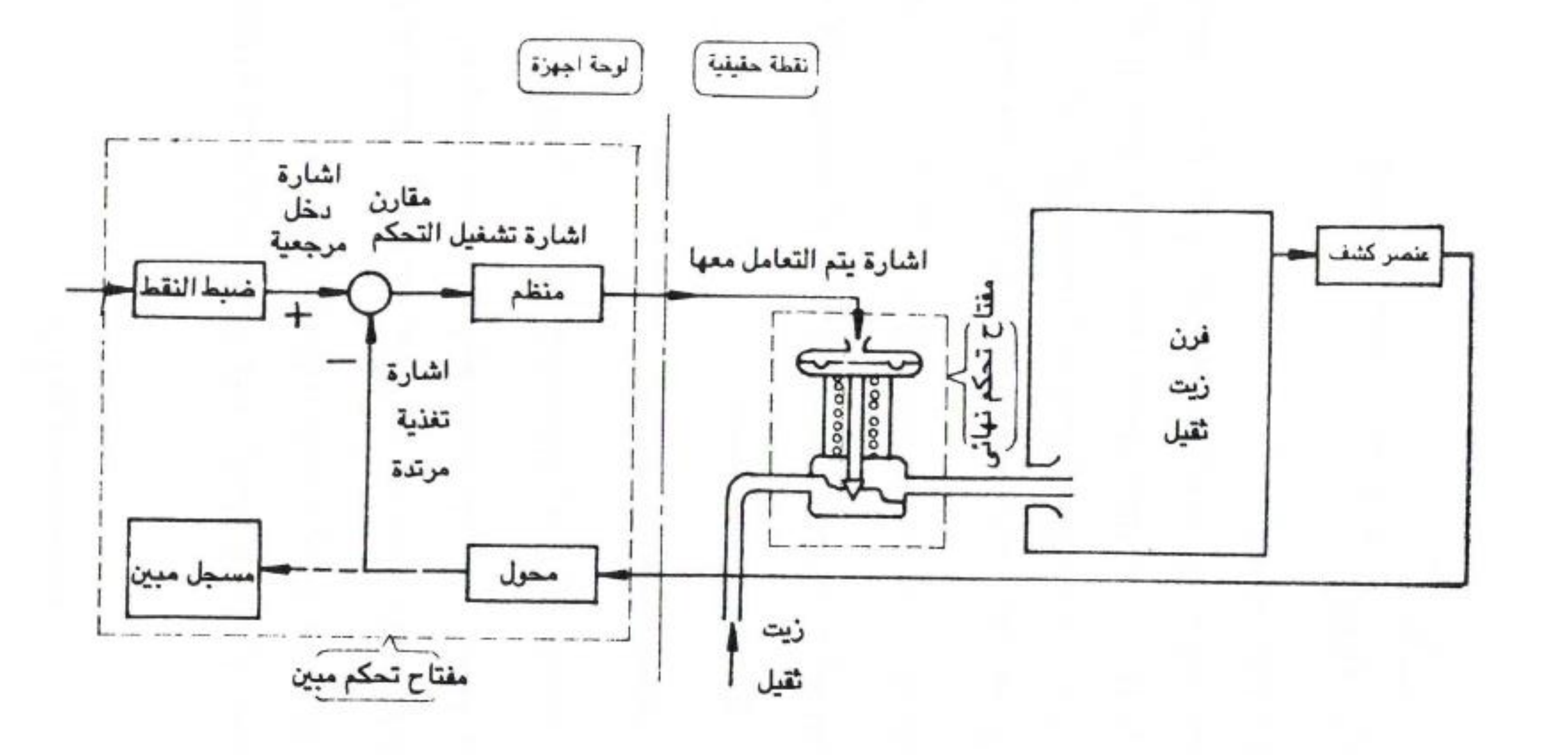
٩- ٥ التحكم فى العمليات Process Control

التحكم ذو التغذية المرتدة، الذي يستخدم فى عمليات الإنتاج في المصانع الكيميائية والبترولية عبارة عن عمليات تحكم .وبتحديد أكثر ، تستخدم درجة الحرارة ، والضغط ، ومستوى السائل وبنود أخرى كمتغيرات يتم التحكم فيها . وتكون استجابات التحكم فى العمليات بطيئة ، بشكل عام، بالمقارنة مع آليات المؤازرة .

ويبين الشكل ٩-٣٦، التركيب العام لتحكم بسيط فى العمليات باستخدام التحكم في درجة حرارة فرن زيت ثقيل، كما فى الشكل ٩-١، كمثال .

وفي التحكم فى العمليات ، تُبنى غرفة للتحكم، تتركز فيها أجهزة القياس مثل مفاتيح التحكم بعيداً عن الأجهزة الموجودة في الحقل (الموقع).

وتضم غرفة التحكم الأجزاء التي تناظر المخ للقيام بالتحكم.



الشكل ٩ – ٣٦ الشكل العام للتحكم فى العمليات

تمـــــــرينات

١ – من بين المعدات الموجودة فى المنزل ، اذكر أمثلة لتطبيق التحكم الأوتوماتيكي، وقم بتصنيفه إلى تحكم متتابع أو تحكم ذوالتغذية المرتدة.

٢ – فى الأمثلة التالية للتحكم ، اذكر إلى أى المجموعات تنتمي، عندما يتم التصنيف تبعاً لخصائص المتغيرات التي يتم التحكم فيها، وتبعاً للقيم المستهدفة؟

(١) عندما يتم المحافظة على المنتقى(المنتخب)عند درجة حرارة 38 ^{o}م.

(٢) عند اختبار موضع طائرة بواسطة رادار .

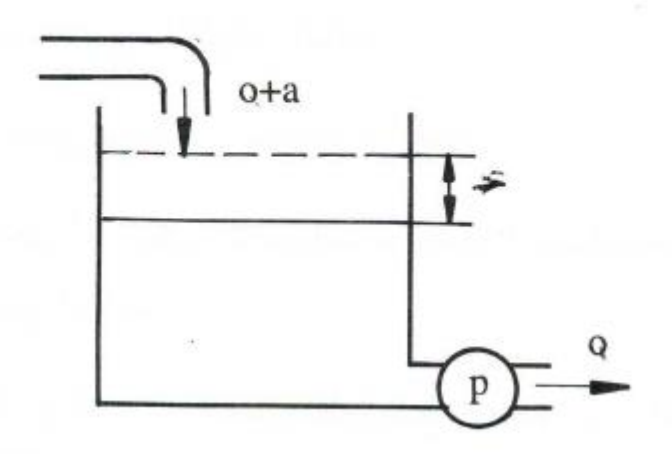
(٣) عند عمل نسخ بواسطة مخرطة ناسخة .

(٤) عند المحافظة على درجة الحرارة ثابتة داخل خزان فى مصفاة تكرير بترول.

(٥) عند المحافظة على درجة الحرارة ثابتة داخل فرن في مصنع لإنتاج الصلب.

٣– ركبت مضخة P عند مخرج خزان بمساحة مقطع A (سم٢) وتم إدخال كمية Q كما في الشكل ٩–٣٧، للمحافظة على كمية خرج مساوية لـQ . فإذا زادت الكمية الداخلة بمقدار q (ل /ث) عن الكمية الحالية ، ماذا سيكون التغير h في مستوى الماء بعد t ثانية ؟ وبفرض أن q هى إشارة الدخل ،h هي إشارة الخرج ، فما هو العنصر الذي تمثله هذه المعدة ؟

(الإجابة : $h = \frac{1000q}{A}$ سم العنصر المكامل



الشكل ٩–٣٧ عنصر

٤– إذا كانت قوة الياي في العنصر المفاضل المبين فى الشكل ٩–١٠(أ)، قد تغيرت ، كيف ستتغير الاستجابة الخطوية ؟ وضح .

٥– تم القيام بعمل تناسبي باستخدام مفتاح تحكم بمدى قياس من صفر إلى 100^{o}م . وتم القيام بعملية ضبط بحيث تصبح فتحة الصمام 3/4 الفتحة الكاملة عند صفر^{o}م، وتصبح1/4 الفتحة الكاملة عند 100^{o} م . فما هى النسبة المئوية لنطاق التناسب في هذه الحالة ؟

(الإجابة : 200%)

٦ – ما هو المدى الذي يسمح بالعمل التناسبي إذا تم ضبط نطاق التناسب على 40% في حالة مفتاح تحكم ذي مدى قياس من صفر^{o}م إلى 500^{o} م ؟

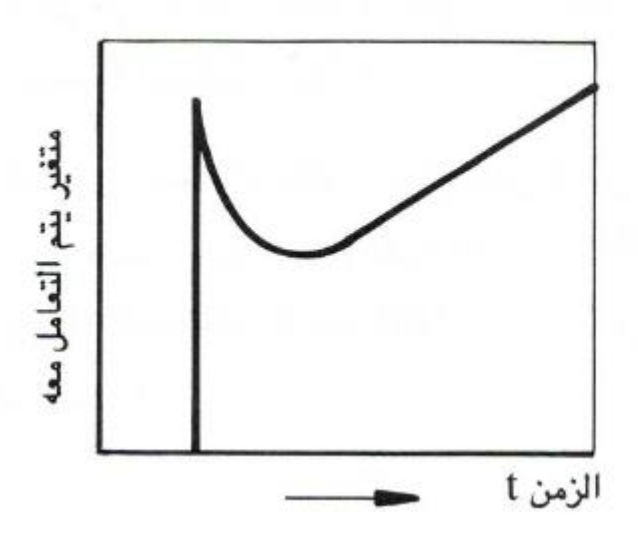
(الإجابة : 200^{o}م)

٧- اشرح أسباب حدوث الظواهر التالية :

(١) حدوث تغير دوري فى عملية وصل/فصل .

(٢) فى العمل P ، يكون الانحراف ذو الحالة المستقرة صغيراً ، في حالة النطاق التناسبى الأصغر .

٨- يبين الشكل ٩-٣٨، المتغير، الذى يتم التعامل معه، للاستجابة الخطوية في العمل PID . حلل هذا المتغير إلى متغيرات يتم التعامل معها في الأعمال D,I,P .



الشكل ٩-٣٨ متغير يتم التعامل معه

٩ - وضح الرسومات التخطيطية الوظيفية لمعدة التحكم الأوتوماتيكي المبينة في الأشكال ٩-٣٢ ،٩-٣٤ ،٩-٣٥، باستخدام شكل ٩-٣٠(ب) كمثال .

الفصل العاشر

التحكم الرقمى
DIGITAL CONTROL

١٠ – ١ التحكم الرقمي

١٠– ١– ١ الحاسب والإشارة الرقمية

Computer and Digital Signal

يحفظ الحاسب أساليب العمل في الذاكرة، ويقوم بإجراء طرق الحساب بطريقة صحيحة ، كما أنه يتعلم مقدماً، ويقوم باتخاذ قرارات سليمة ويحسب فى وقت قصير للغاية . فالأعمال المركبة (المعقدة) التى تستلزم حجماً كبيراً من العمل والوقت ، يمكن تأديتها بسرعة وبدقة . وتبعاً لكيفية استخدام الحاسب ، يمكن أن يستعمل في مجالات مختلفة في الحياة اليومية.

والتحكم الرقمى يعرف بأنه عمليات الحاسب التى تتحول معها جميع الإشارات إلى إشارات رقمية ، حيث يتم التحكم عن طريق الحاسب. (ويسمى أيضاً التحكم بالحاسب).

وحديثاً ، تم استخدام التحكم الرقمي بكثرة في التحكم التتابعي والتحكم ذوالتغذية المرتدة.

١٠–١– ٢ خصائص الحاسب الدقيق

Characteristics of Microcomputer

بدأت فكرة الحاسب الدقيق مع تطوير الحاسبة المكتبية الالكترونية وأثناء عملية تعديل

وتحسين الحاسب .والحاسب الدقيق يضم وحدة معالجة مركزية (CPU) تسمى المعالج الدقيق (Microprocessor) ، ووحدات ذاكرة ، وأجهزة تحكم فى الدخل/الخرج على لوحة (كارت) نظام واحدة تسمى اللوحة الأم (Mother board)

وللحاسب الدقيق الخصائص التالية :

(١) مدى واسع للغاية من التطبيقات

ولاينطبق ذلك على الحاسب الدقيق وحده ، ولكن هذه الخاصية تنطبق على جميع الحاسبات أيضاً. فيمكن استخدامها في جميع المجالات . غير أن الحاسبات الدقيقة لايمكنها أن تقوم بعمل أي شيء بنفسها. وتقوم الحاسبات بدورها، فقط بعد استعمال تقنية الاستخدام ووظائف الآلات وتوافق المعدات.

(٢)صغيرجداً

من خلال الـ IC (الدوائرالمتكاملة) ، والتكامل على نطاق فائق السعة (VLSI) ، والتقنيات الأخرى ، أصبحت العمليات الحسابية وأجهزة الذاكرة فائقة الصغر، بما يسمح بتركيبها مباشرة على الآلات والمعدات ، (انظر الشكل ١٠-١) .

(٣) انخفاض التكاليف

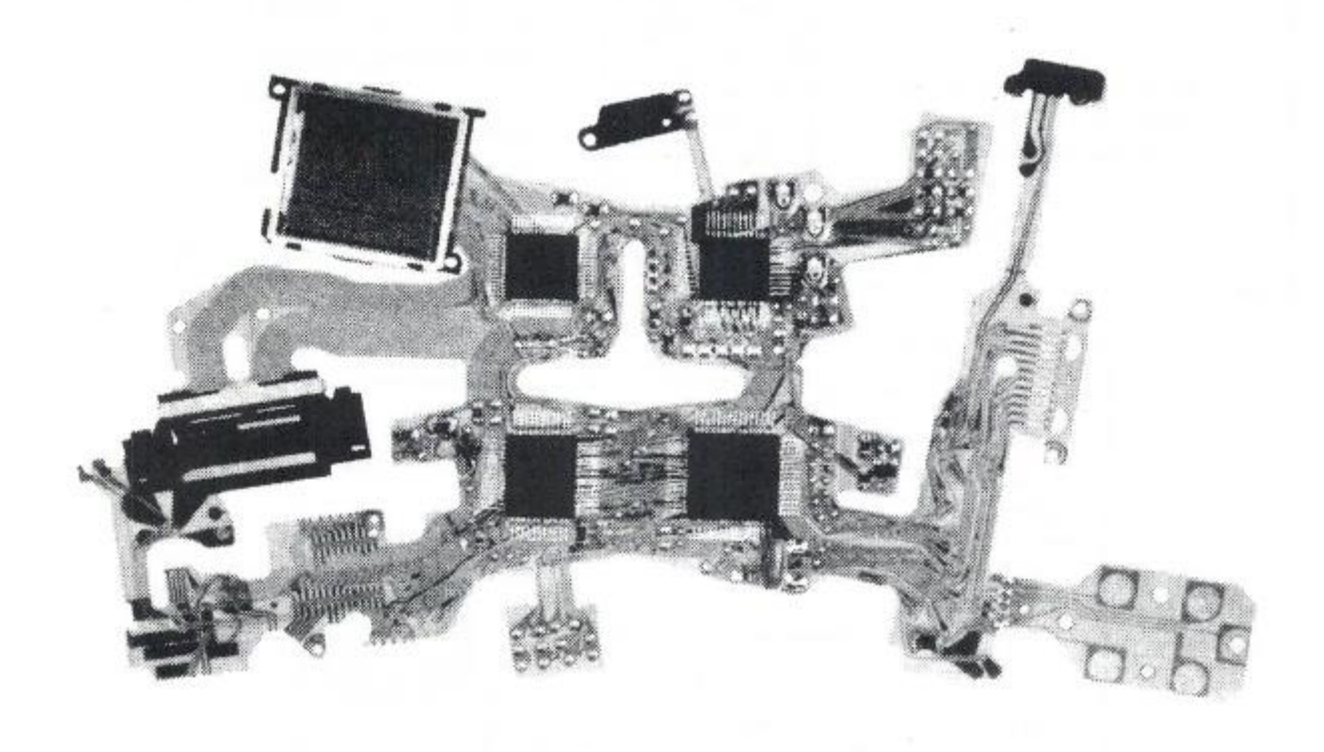
أصبحت التكاليف منخفضة نسبياً من خلال تقنية إنتاج أجهزة أشباه الموصلات المحسنة والإنتاج الكمي .

(٤) إمكانية القيام بالتحكم الأوتوماتيكي المعقد

الحاسب الدقيق له سعة كبيرة للذاكرة ويمكنه أن يقوم بالعمليات بسرعة عالية . ويمكن استخدامه فى التحكم الأوتوماتيكي في حالة عدة نقط للدخل والخرج ،وكذلك عندما يتطلب الأمر إجراء عمليات حسابية معقدة .

(٥) إمكانية استخدامه كمعدة خاصة

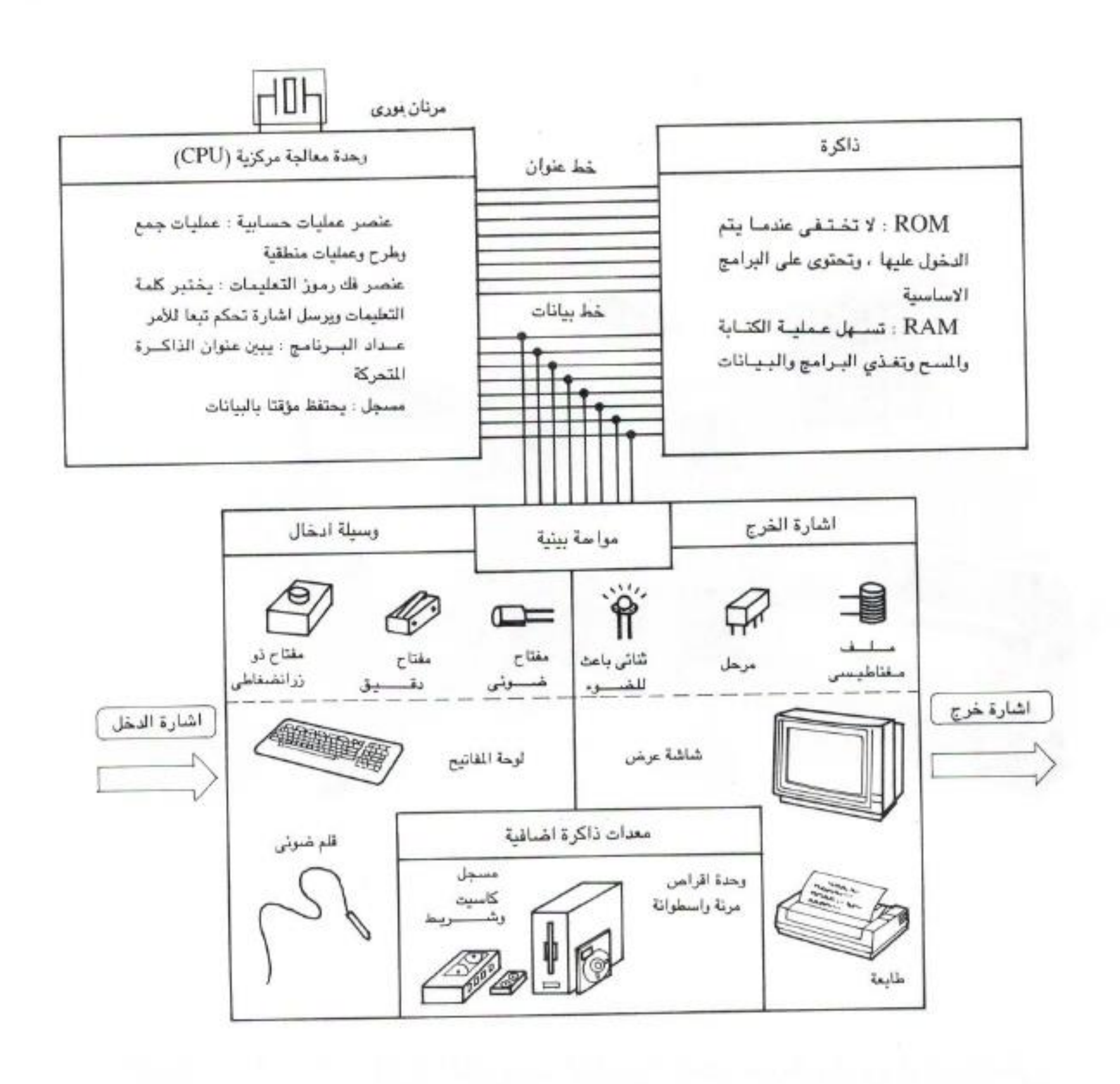
الحاسب الدقيق عبارة عن جهاز عام . غير أنه ، يمكن أيضاً أن يستخدم كمعدة خاصة، وذلك بإدخال برامج معينة فى الذاكرة، من البداية ، لأداء عمل معين .



الشكل ١٠ – ١ دائرة الكترونية لكاميرا ذات ضبط بؤرى اوتوماتيكى تحتوى على معالج دقيق

١٠ – ١ – ٣ آلية الحاسب الدقيق

يبين الشكل ١٠–٢ ، المكونات الأساسية للحاسب الدقيق .



الشكل ١٠–٢ المكونات الأساسية للحاسب الدقيق

[١] وحدة المعالجة المركزية Central Processing Unit (CPU)

وتتكون من وحدة العمليات الحسابية ، وفاك رموز الأوامر ، وعداد برامج ، ومسجلات ، ومركبات أخرى ، وهي تقوم بالتحكم في الحاسب بأكمله ، ووحدة المعالجة المركزية للحاسب الدقيق توجد علي رقيقة واحدة من أشباه الموصلات (VLSI) تسمى المعالج الدقيق Microprocessor.

وتقوم وحدة العمليات الحسابية بعمليات الجمع والطرح الثنائية، (ارجع إلى الفقرة ٣ - الجزء ٢- الفصل العاشر) ، والعمليات المنطقية مثل (AND) و (OR) كهربائياً .

وفاك رموز الأوامر له كلمات خاصة بالتعليمات ذات علاقة بالحاسب الدقيق.وعند إعطاء أحد التعليمات ، يقوم بفك رمزها ويخرج إشارة تحكم تتوافق معها . وتعمل المسجلات Registers ووحدة العمليات الحسابية وفقا لهذه التعليمات،مثل إحضار البيانات والقيام بالحسابات بعد استقبال إشارات التحكم .

ويقوم عداد البرامج بتخزين عناوين الذاكرات التي سيتم دراستها فيما بعد عند تنفيذ برنامج الذاكرة . وتزيد قراءة العداد بواحد عند استقبال نبضات مرجعية من مذبذب كوارتز خارجي .

ويحتفظ المسجل بالأوامر والبيانات بصورة مؤقتة .

[٢] الذاكرة Memory

تتكون الذاكرة من RAMs, ROMs لتخزين البرامج الأساسية لتشغيل الحاسب الدقيق والبرامج الأصلية التى تحدد أساليب العمل والبيانات مثل الأعداد والحروف . وتخصص أرقاماً لأجزاء الذاكرة ، بحيث يمكن أخذ البرامج والبيانات الأخرى بسهولة منها . وتسمى هذه الأرقام بالعناوين .

[٣] أجهزة الدخل Input Devices

هى الأجهزة التى تستخدم لإدخال البرامج والبيانات إلى ذاكرة الحاسب الدقيق، وهي تشمل لوحة المفاتيح ، والأزرار الانضغاطية والمعدات الأخرى.

وتستخدم المواءمة البينية Interfaces في توصيل الحاسب الدقيق بأجهزة الدخل والخرج ، كما تقوم بتوصيل المعدات ذات الأنظمة المختلفة للإشارات الكهربائية ،مع بعضها البعض.

[٤] أجهزة الخرج Output Devices

هى الأجهزة التى تخرج نتائج العمليات الحسابية للحاسب الدقيق أو البيانات المخزنة إلى الخارج وتشمل شاشات العرض ، والطابعات ، والمعدات الأخرى . وفي التحكم الرقمي ، تخرج إشارات التحكم إلى ثنائيات باعثة للضوء ومرحلات .

وفي أجهزة الذاكرة الإضافية ، تخزن البرامج والبيانات في شرائط وأقراص مرنة Floppy Disks باستخدام مسجل كاسيت أو وحدة أقراص مرنة .أو صلبه Hard disk ويمكن أخذ البرامج والبيانات إلى الخارج واستخدامها عند الطلب أو تخزينها على القرص الصلب (HD).

١٠-٢ أساسيات الحاسب الدقيق

١٠-٢ - ١ الإشارة الثنائية Binary Signal

يناظر "0" , "1" في الإشارات الرقمية ، حالة "إطفاء" ، و «إضاءة» مصباح كهربائي، على سبيل المثال . والإشارات التي تُعبّر عن معلومتين كما في هذه الحالة ،تسمى

اشارات ثنائيه (بت) (Bit) . ويتم تداول الإشارات الثنائية (0 أو 1) كأقل وحدة معلومات داخل الحاسبات، وتسمى كل واحدة منهم « بت » Bit . والمعلومات مثل الأعداد والحروف والتى يتم التعبير عنها بواسطة ثنائيات مستمرة ،تسمى بايت Byte. ويتكون كل بايت من ثمانية (بتات) . ولأجهزة الذاكـرة فى الحاسب ترتيبات تستخدم بايت واحدة كوحـدة . وكل وحدة من هذه الوحـدات تسمى عنـوان Address،(انظـر الشكـل ١٠ - ٣).

إذا ومَضَ ثنائيان باعثان للضوء (LEDs)، يمكن الحصول على أربع تجميعات للمعلومات مع ثنائيين ، كما فى الشكل ١٠-٤ . وإذا زاد عدد الثنائيات إلى 4 ، 8 ، .... ، يمكن الحصول على معلومات أكثر ، مثل تجميعة (2^4) 16، تجميعة (2^8) 256 ، ....

١٠-٢-٢ الرموز العشرية والثنائية Decimal and Binary Notations

تعبر الرموز العشرية عن عشرة أنوا ع من الأعداد ، من صفر إلى 9، باستخدام العدد 10 كأساس . وتعبر الرموز الثنائية عن نوعين من الأعداد هما صفر و1 ، باستخدام العدد 2 كأساس ، ويزداد عدد الأماكن .

وحدة المعلومات / النوع	bit ثنائية 1	
	0	1
الجهد	0 V	0 V
ثنائي باعث الضوء	اطفىء المصباح	احتراق

وحدة المعلومات / النوع	bit ثنائية 1	
	0	1
مفتاح		
ترانزستور	قطع	مرور

الشكل ١٠ – ٣ طريقة التعبير عن الاشارات الثنائية

البيان بواسطة 1.0	ثنائي باعث للضوء (LED)	المعلومات
0 0		
0 1		
1 0		
1 1		

الشكل ١٠-٤ بيان ثنائيين (Two - Bits)

وعلى سبيل المثال ، فإن "1010" بالرموز الثنائية والعشرية، يكون له العلاقة التالية :

[أرقام ثنائية]

$$1010_{(2)} = \boxed{1} \times 2^3 + \boxed{0} \times 2^2 + \boxed{1} \times 2^1 + 0 \times 2^0$$
$$= 1 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times 2 + 0 \times 1$$
$$= 8 + 2 = 10_{(10)}$$

[أعداد عشرية]

وفي الرموز العشرية ، توزن الأعداد 10^0 ، 10^1 ، 10^2،... بدءاً من الأماكن الأقل، بينما في الرموز الثنائية توزن الأعداد :2^0 ، 2^1 ، 2^2،...

وتتميز الأعداد العشرية والثنائية بوضع رمز سفلي أو دليلي (10) و(2) بعد الأعداد ، على التوالي .

١٠-٢-٣ الأرقام العشرية والثنائية والسداسية العشرية

Decimal , Binary and Hexadecimal Digits

[١] التحويل من الأرقام العشرية إلى الأرقام الثنائية

عند التحويل من الأرقام العشرية إلى الأرقام الثنائية ، تتم قسمة الرقم العشرى المعطى على اثنين ،ويتم حساب المتبقي كل مرة، ويتم الترتيب بالتتابع ، بدءاً من الأماكن الأقل .

مثال ١

حول الرقم العشرى 12 إلى أرقام ثنائية.

		المتبقى
2)	12	0
2)	6	0
2)	3	1
	1	→ 1 1 0 0

ولهذا فإن

$$12_{(10)} = 1100_{(2)}$$

[٢] التحويل من أرقام ثنائية إلى أرقام عشرية

كما في التحويل من الأرقام العشرية إلى الأرقام الثنائية ، يتم الحصول على حاصل ضرب الرقم $(0، 1)$ في الوزن (2^n) في كل موضع من الأرقام الثنائية المعطاة ، ويحسب مجموعهم .

[٣] الأرقام السداسية العشرية

باستخدام أربعة ثنائيات ، يمكن إعداد 16 تكوين من الأعداد : 0000 إلى 1111. وكما في الجدول ١٠-١ ، تناظر الأعداد، الأعداد من صفر إلى 9 والحروف الأبجدية تقوم بالتعبير عن الأرقام السداسية العشرية. والأرقام السداسية العشرية مناسبة لمعالجة المعلومات ذات الأربع ثنائيات .

عشري	ثنائي	سداسي عشري	عشري	ثنائي	سداسي عشري
0	0000	0	8	1000	8
1	0001	1	9	1001	9
2	0010	2	10	1010	A
3	0011	3	11	1011	B
4	0100	4	12	1100	C
5	0101	5	13	1101	D
6	0110	6	14	1110	E
7	0111	7	15	1111	F

الجدول ١٠ - ١ التوافق بين الأعداد العشرية والثنائية والسداسية العشرية

مثال ٢

عــبــر عن **0111100011111010** ذي الـ **16** ثنائيــة فى صورة رقم سداسي عشري.

$$\underbrace{0111}_{7}\ \underbrace{1000}_{8}\ \underbrace{1111}_{F}\ \underbrace{1010}_{A}$$

ولهذا، فإن :

$$0111100011111010_{(2)} = 78FA_{(16)}$$

(الرمز السفلي الدليلي $_{(16)}$ يبين الأرقام السداسية العشرية).

تمرين ١

حول الأعداد العشرية التالية إلى أرقام ثنائية وبالعكس .

(١) $25_{(10)}$ (٢) $100_{(10)}$ (٣) $10111_{(2)}$

(٤) $11010100_{(2)}$

تمرين ٢

حول الأرقام الثنائية التالية إلى أرقام سداسية عشرية وبالعكس .

(١) $1011000111100011_{(2)}$ (٢) $4C38_{(16)}$

١٠-٢-٤ الدائرة المنطقية Logic Circuit

داخل الحاسب ، تناظر الأرقام الثنائية 1,0 الحالات عند عدم تطبيق جهد، وعند تطبيق جهد ، على الترتيب . وتشغيل وحفظ هاتينْ الإشارتيْن يسمى العملية المنطقية. والجبر الذى يعبر عنه بإشارات ثنائية يسمى الجبر المنطقى والدائرة المنطقية هى دائرة أليكترونية تعبر عن الجبر المنطقى ، وهي تشمل الدوائر التالية:

[١] دائرة (AND) (بوابة)

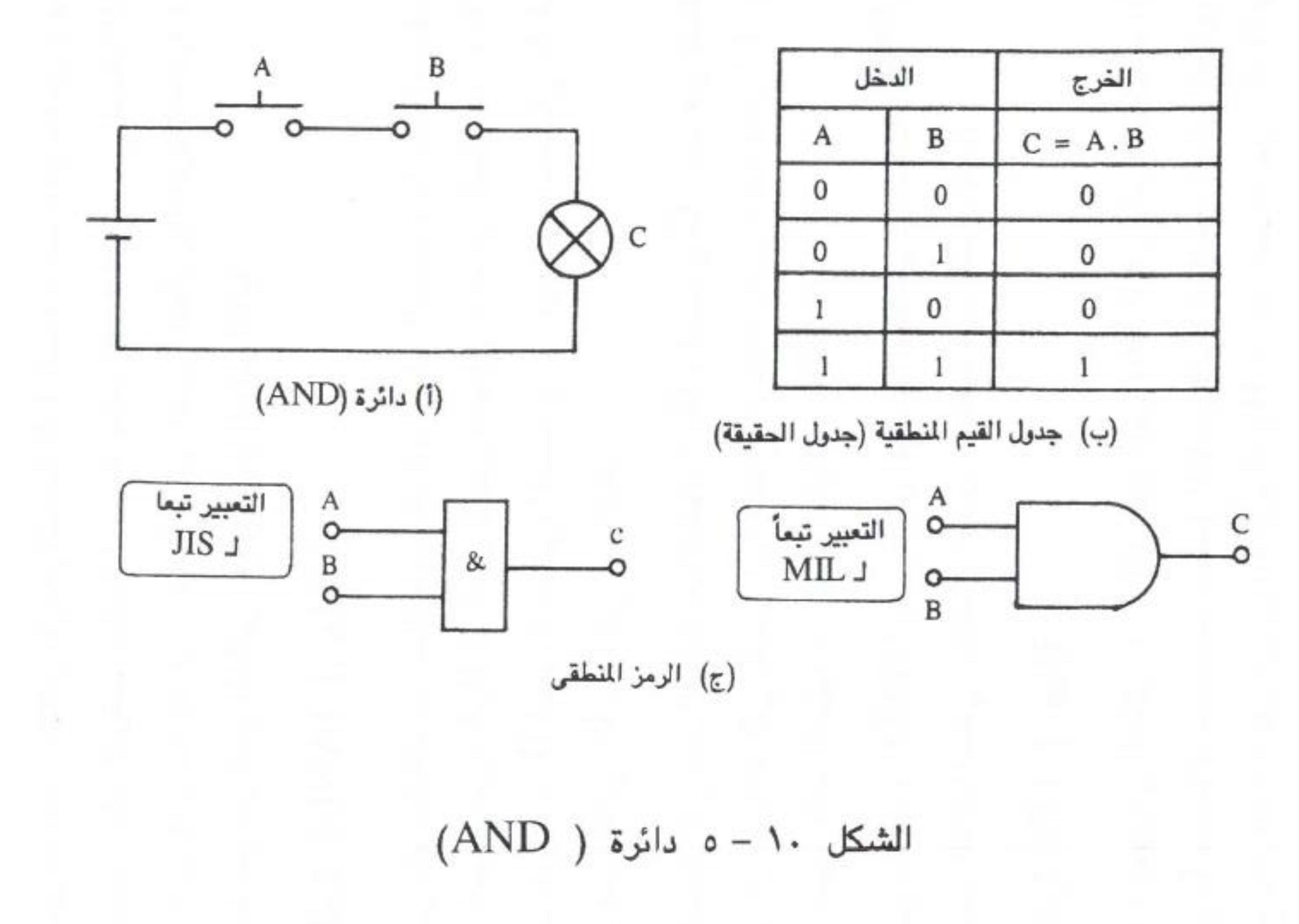
وهى دائرة للتأكد من حالة «إضاءة» أو «اطفاء» المصباح C عند توصيل مفاتيح الأزرار الانضغاطية B,A للملامس a على التوالي، كما في الشكل ١٠-٥ (أ) . وعند الضغط على A أو B فقط ،لا يضيىء المصباح C . ويضيىء المصباح C فقط عند الضغط على المفاتيح B و A في نفس الوقت .

والجدول الذي يبين العلاقة بين الدخول B,A والخـــرج C ، كما فى الشكل (ب) ، بفرض أن الحالات التي يكـون فيها المفتاح مضغوطا وغير مضغوط هي "1" و"0" ، يسمى « جدول القيم المنطقية » (جدول الحقيقة) (Truth table).

وفي دائـــرة (AND) يعبر عـــن الجبـر المنطقـــى بواسطـة C=A.(and)B، ويسمى الناتج المنطقي . وتتضح الرموز المنطقية فــى الشكل (جـ).

[٢] دائرة (OR) (بوابة)

كما يظهر فى الشكل ١٠-٦ (أ) ، فإن دائرة (OR) هى دائرة للتأكد مما إذا كان المصباح C مطفئاً أو مضاءً عند توصيل المفاتيح B,A للملامس a على التوازي.ويضىء المصباح عند الضغط على أي من المفاتيح A أوB، أو عند الضغط على B,A في نفس الوقت .



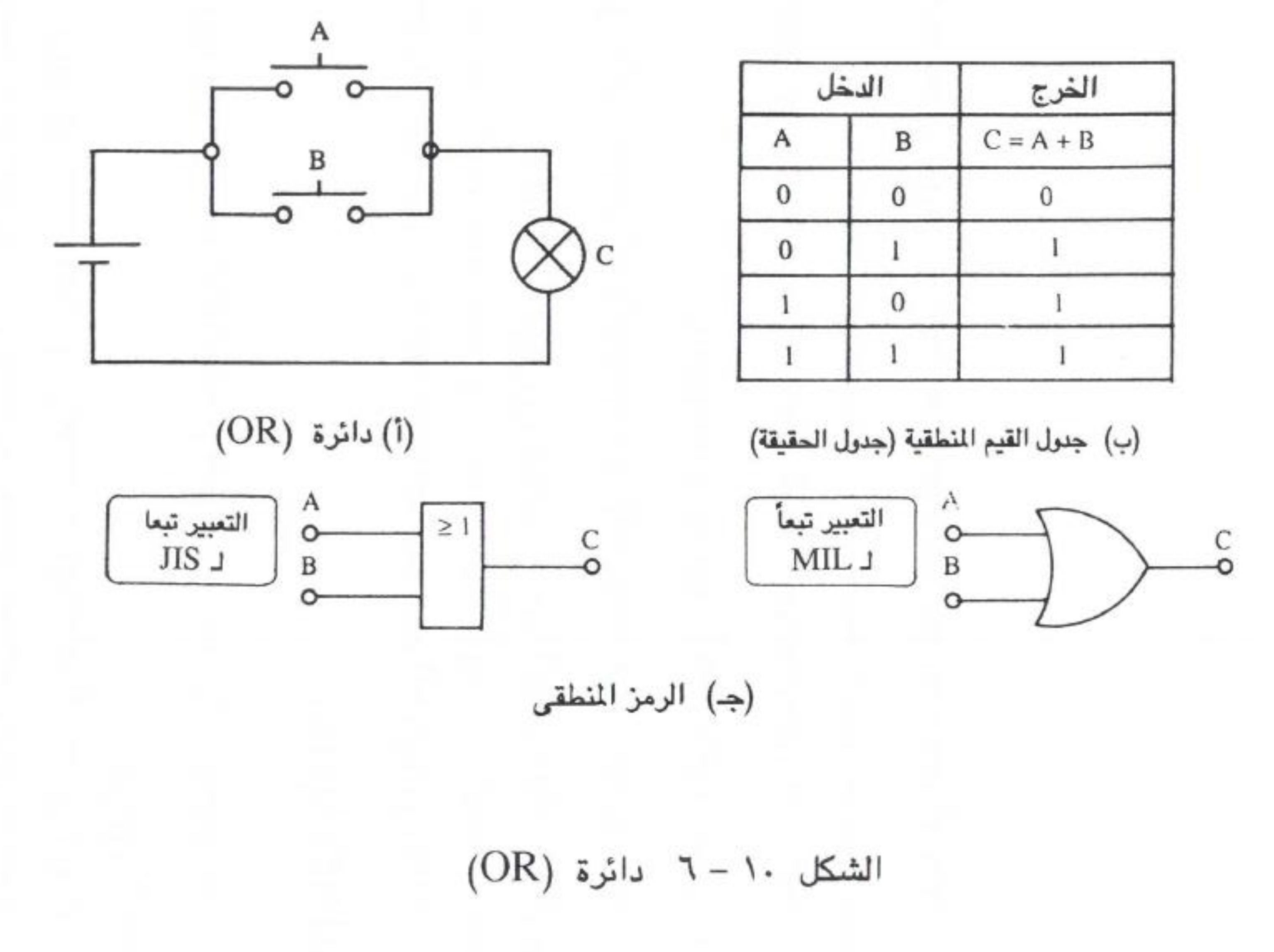
(أ) دائرة (AND)

الدخل		الخرج
A	B	C = A . B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(ب) جدول القيم المنطقية (جدول الحقيقة)

(ج) الرمز المنطقى

الشكل ١٠ – ٥ دائرة (AND)



(أ) دائرة (OR)

الدخل		الخرج
A	B	C = A + B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(ب) جدول القيم المنطقية (جدول الحقيقة)

(جـ) الرمز المنطقى

الشكل ١٠ – ٦ دائرة (OR)

ويعبر عن الدائرة التى يكون خرجها C مساوياً لـ 1 ، إذا كان أى من دخولها A أو B أو A و B معاً في نفس الوقت مساوياً لـ 1، بالعلاقة C = A OR B وتسمى (OR) .

وتبين الأشكال (ب) ، (جـ)، جدول القيم المنطقية والرموز المنطقية لدائرة (OR) .

[٣] دائرة (NOT)

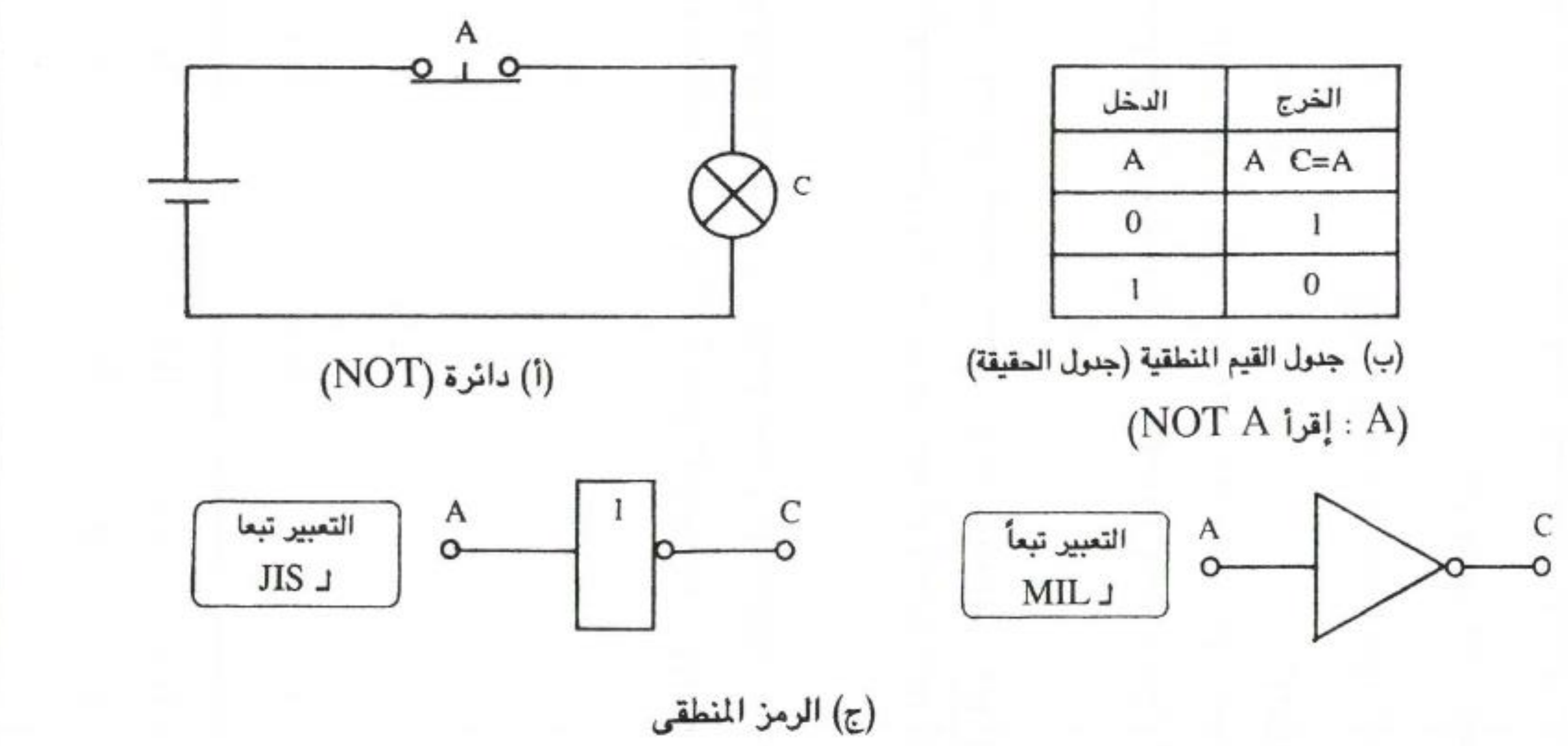
دائرة (NOT) هي الدائرة التي تستخدم مفتاح الزر الانضغاطي A للملامس b ،كما في الشكل ١٠ – ٧(أ) . ويكون المصباح C مضاءً ، ولكنه ينطفيء عند الضغط على المفتاح A . ويكون للمفتاح والمصباح العلاقة (NOT) في هذا الوقت .

وتبين الأشكال ، (ب) ، (جـ)، جدول القيم المنطقية والرموز المنطقية لدائرة (NOT) .

١٠–٢ –٥ دائرة الجمع Addition Circuit

تبنى جميع الحسابات داخل المعالج الدقيق على أساس جمع الأرقام الثنائية،وتجرى حسابات القسمة والضرب أيضاً بالتعويض عنهما عن طريق الجمع والطرح .

وفيما يلي إضافة عدد ثنائى ذي موضع واحد يتكون من الحالات الأربعة التاليـة :



(أ) دائرة (NOT)

الدخل	الخرج
A	A C=A
0	1
1	0

(ب) جدول القيم المنطقية (جدول الحقيقة)
(NOT A إقرأ : A)

(ج) الرمز المنطقى

الشكل ١٠ – ٧ دائرة (NOT)

	A	0	0	1	1
	B	+0	+1	+0	+1
المجموع	CS	0	1	1	1 0

(حمل)

ونتيجة جمع 1+1 هي10 ، وقيمة نفس الموضع هى 0 ، وهي تبين أنه قد حدثت عملية حمل(ترحيل) مرة واحدة.وكنتيجة لهذا، يبين الشكل ١٠-٨، الدائرة المنطقية ، وفيها الخرج S والحمل C .

وتسمي الدائرة التي تقوم بالجمع في هذه الحالة ، بدائرة الجمع النصفي. والجبر المنطقى للخرج S هو $S = (A+B) . \overline{(A.B)}$ ، والجبر المنطقي للترحيل (الحمل) C هو $C = A.B$.

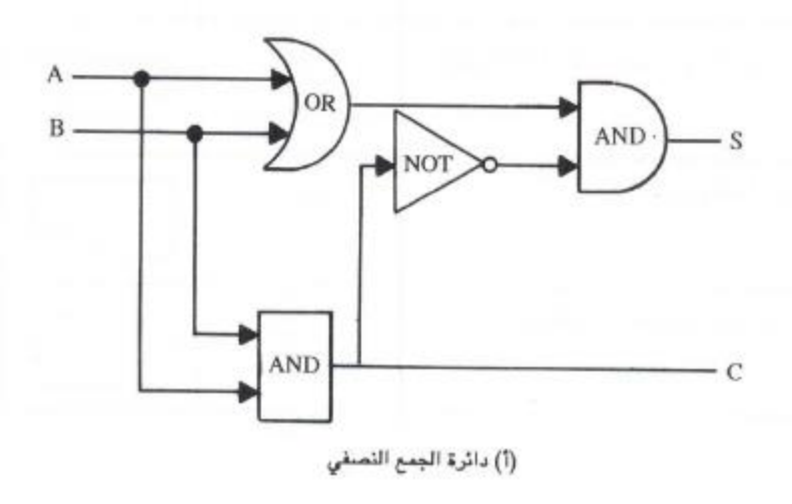
ويجب أيضاً جمع أرقام الترحيل (الحمل) ، من المواضع الأقل ،وذلك لجمع أرقام ثنائية ذات أكثر من موضعين . ولذا، يلزم وجود دائرة جمع بثلاثة أطراف دخول ، وتسمى هذه الدائرة دائرة الجمع الكامل .

١٠ - ٣ مخطط سير العمليات Flow Chart

١٠-٣-١ رموز مخطط سير العمليات

يجب أن تعطى خطوات العمليات بالتفصيل عندما يُطلب من الحاسب أن يقوم بأداء عمل ما. ويقوم مخطط سير العمليات بتخطيط خطوات العمليات للتبسيط .

ويتم إعداد مخطط سير العمليات قبل عمل البرامج التي تحدد العمليات، وذلك لتوضيح العلاقات البينية للأوامر وتقليل أخطاء البرنامج.



(أ) دائرة الجمع النصفي

الدخل		الخرج	
A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

(ب) جدول القيم المنطقية (جدول الحقيقة)

الشكل ١٠-٨ دائرة الجمع النصفي Half - addition Circuit

الرمز	الاسم	المعنى
	نهاية / أو بداية	يبين البداية والنهاية والتوقف والإنقطاع
	إستعداد	يبين الإستعداد بضبط القيمة الإبتدائية والتغيير
	دخل / خرج	يبين وظيفة إدخال المعلومات أو وظيفة إخراج المعلومات لتسجيل المعلومات التي تم معالجتها بالكامل
	إدخال يدوي	يعنى إدخال المعلومات عن طريق لوحة المفاتيح ومفاتيح الأزرار الإنضغاطية يدوياً
	معالجة (عملية)	يعبّر عن جميع وظائف المعالجة
	حكم / تحقق من شرط	يعني الحكم الذي يحدد أي المسارات (من بين عدة مسارات) يُتبع ، أو يحدد عملية التغيير
	وثيقة	يبين وظيفة الدخل والخرج لكتابة وثيقة
	عرض	يمثل وظيفة الدخل/الخرج لعرض المعلومات كصورة على جهاز العرض

إرجع إلى (JIS C 6270 - 1975)

الجدول ١٠ –٢ الرموز الأساسية في مخطط سير العمليات

١٠-٣-٢ كيفية كتابة مخطط سير العمليات

يكتب مخطط سير العمليات الذي يبين ترتيب العمليات تبعاً لتتابع العمليات من أعلى إلى أسفل مع استعمال أسهم . وتشمل مخططات سير العمليات : مخططات سير العمليات الخطية بدون تفرعات، ومخططات سير العمليات التكرارية ، كما في الشكل ١٠-٩ .

وتتفرع مخططات سير العمليات التكرارية عن طريق إتخاذ قرار، بعد تنفيذ عدد N من التكرارات .

١٠-٣-٣ تنفيذ العمليات Instructions

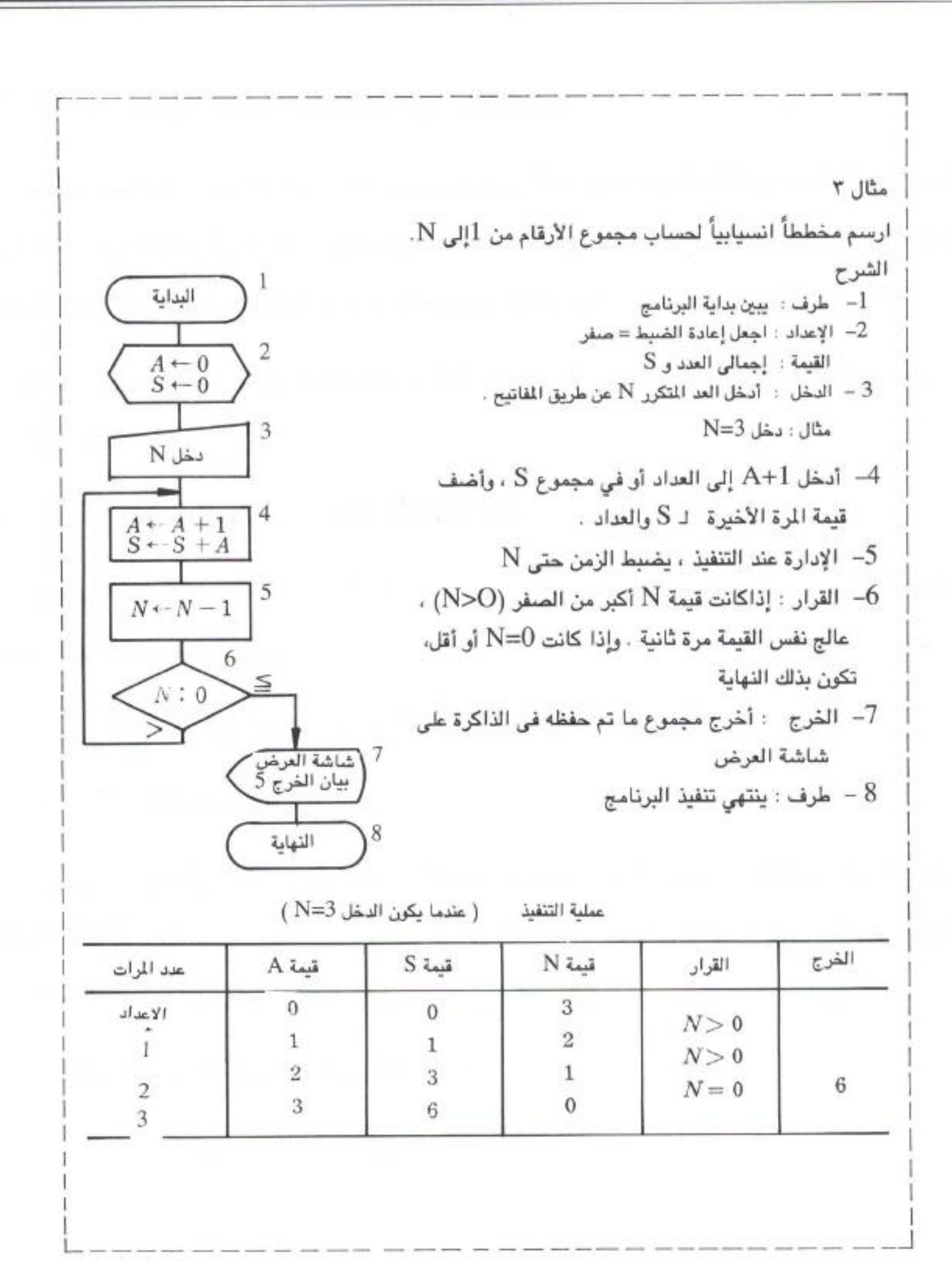
توضح الأشكال ١٠-١٠ ، ١٠-١١ ، سريان (انسياب) إشارة محددة داخل الحاسب الدقيق عند تنفيذ عملية جمع .

١٠-٤ لغات البرامج Program Languages

١٠-٤-١ لغات البرامج

تسمى - بشكل عام - المعرفة اللازمة لاستخدام الحاسب بالكامل «البرامج» Software . وللبرامج لغات ، وهي تمكّن الحاسب من أن يفهم وأن ينفذ مايطلب منه وفقاً للطرق المطلوبة للتنفيذ .

واللغات الرئيسية للبرامج هى كما يلى :



مثال ٣

ارسم مخططاً انسيابياً لحساب مجموع الأرقام من 1إلى N.

الشرح

1- طرف : يبين بداية البرنامج

2- الإعداد : اجعل إعادة الضبط = صفر

القيمة : إجمالى العدد و S

3 - الدخل : أدخل العد المتكرر N عن طريق المفاتيح .

مثال : دخل N=3

4- أدخل A+1 إلى العداد أو في مجموع S ، وأضف قيمة المرة الأخيرة لـ S والعداد .

5- الإدارة عند التنفيذ ، يضبط الزمن حتى N

6- القرار : إذاكانت قيمة N أكبر من الصفر (N>O) ، عالج نفس القيمة مرة ثانية . وإذا كانت N=0 أو أقل، تكون بذلك النهاية

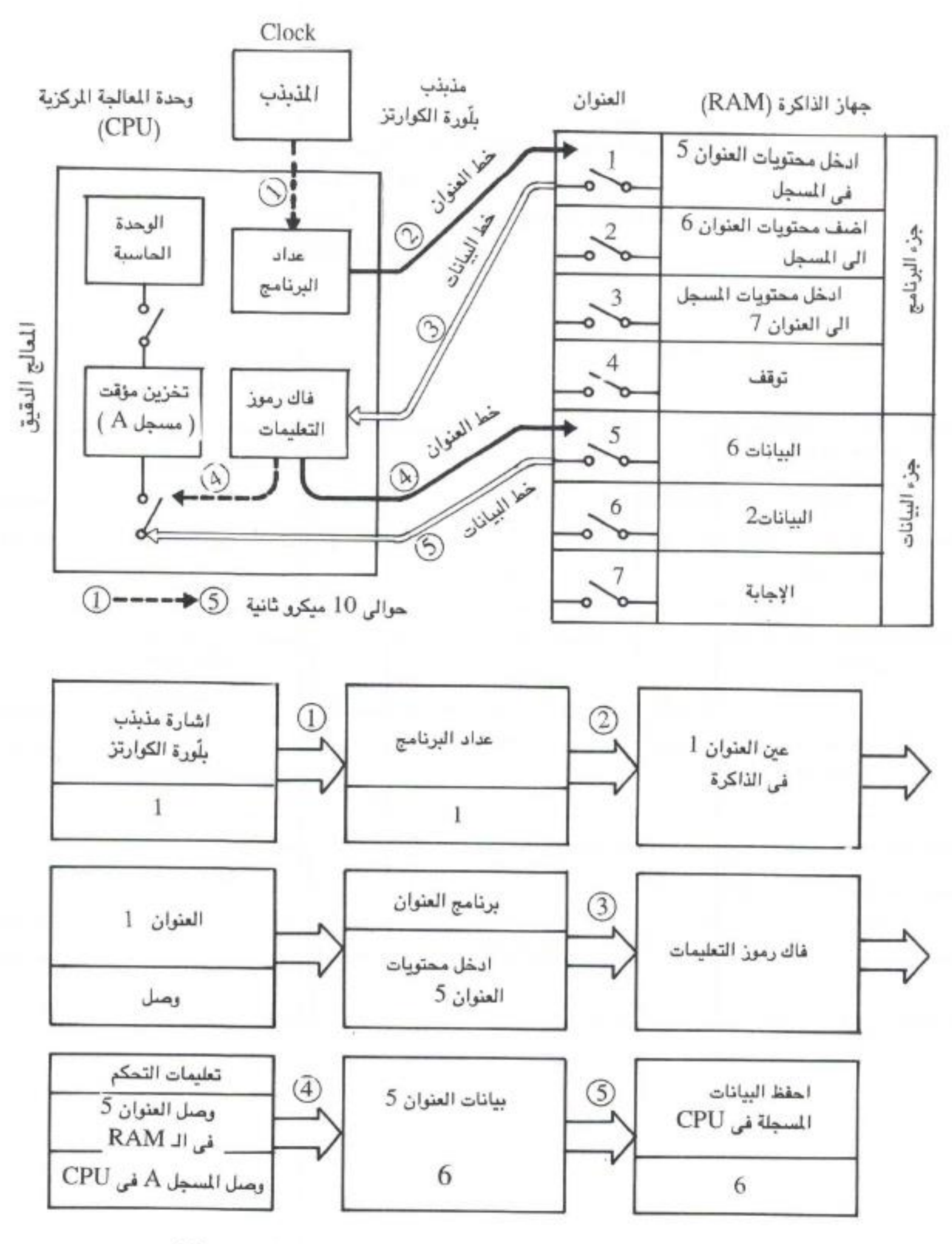
7- الخرج : أخرج مجموع ما تم حفظه فى الذاكرة على شاشة العرض

8 - طرف : ينتهي تنفيذ البرنامج

عملية التنفيذ (عندما يكون الدخل N=3)

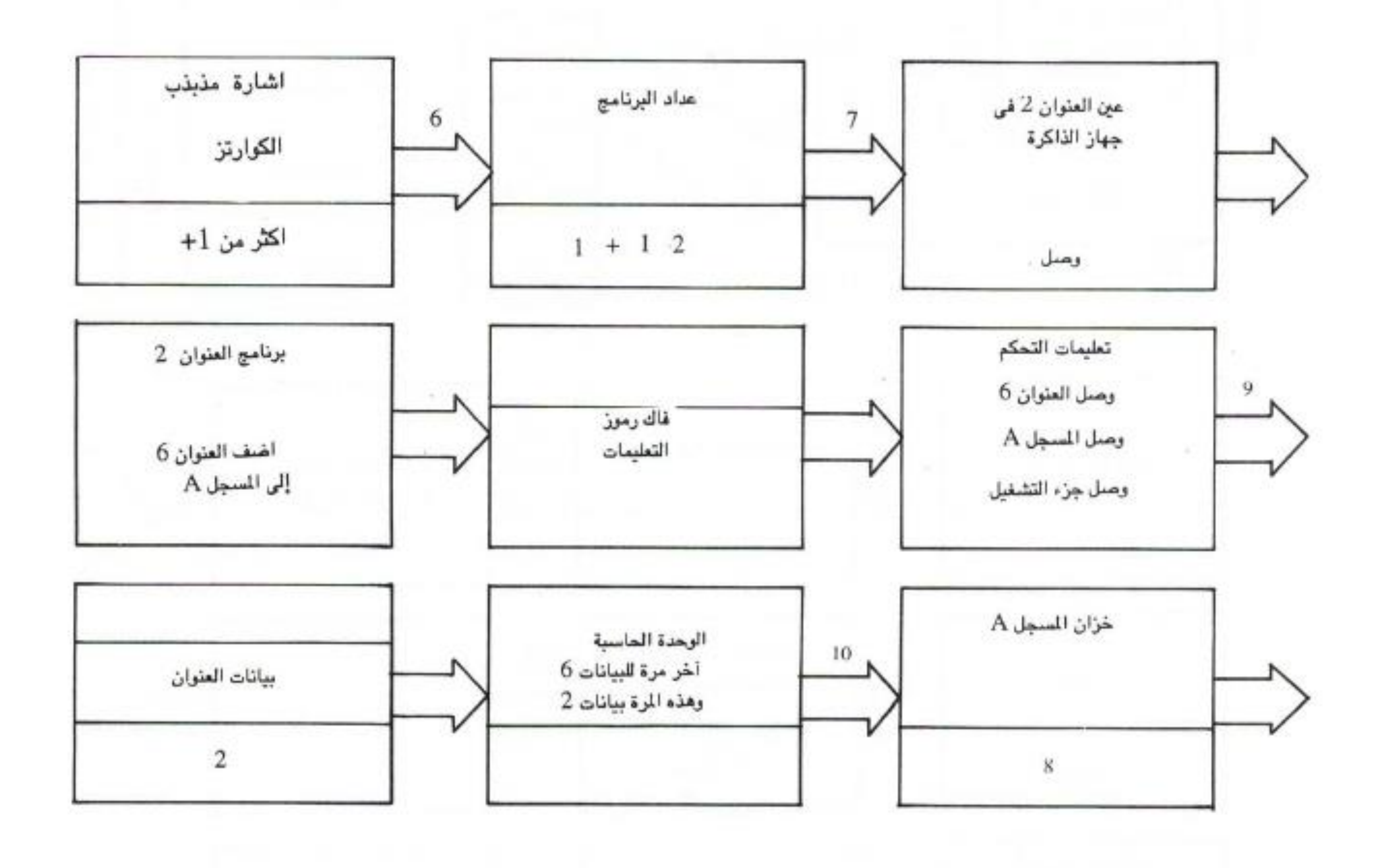
عدد المرات	قيمة A	قيمة S	قيمة N	القرار	الخرج
الاعداد	0	0	3		
1	1	1	2	$N > 0$	
2	2	3	1	$N > 0$	
3	3	6	0	$N = 0$	6

الشكل ١٠-٩ مخطط سير العمليات التكراري



الشكل ١٠–١٠ سريان الإشارة في الحاسب الدقيق (أ)

وعلاوة على ذلك ، تعاد نفس العملية من العنوان 3 للبرنامج باشارة 1+ من المرنان البلّوري ، وتسجل الإجابة 8 فى العنوان 7 . وتنتهى العملية التتابعية بإيقاف البرنامج عند العنوان 4 بآخر اشارة 1 +



الشكل ١٠-١١ سريان الإشارة في الحاسوب الدقيق (ب)

(أ) لغة الآلة Machine language

وهى اللغة التي تمكّن الحاسب من أن يفهم مباشرة .وبشكل عام ، هى تجميعات من الأرقام الثنائية 1, 0 .وهذه اللغة معقدة وصعبة في التعامل معها. ويلزم وجود مهارة لكتابة برامج بها .

وعند التعامل مع لغة الآلة ، تقسم الأرقام الثنائية إلى مجموعات ،كل منها ذات أربعة أماكن ،بدءاً من المواضع الأقل ، ويتم التعبير عنها بالأرقام السداسية العشرية ، مثل

F,E,D,C,B,A,9, ..., 2 , 1 , 0

(ب) لغة التجميع Assembler Language

يمكن كتابة البرنامج وتصحيحه بسهولة عند استخدام رموز ذات معاني بلغة واحدة للتعبير. وتسمى هذه اللغة لغة التجميع ، وهي تناظر لغة الآلة بنسبة 1 : 1 ، (الشكل ١٠-١٢)

وهذه اللغة سهلة نسبيا عند استخدامها، وتستخدم لكتابة برنامج لغة الآلة قبل المعالجة . وتستعمل هذه اللغة في الحاسبات الدقيقة ذات سعة ذاكرة صغيرة ، وفي حاسبات التحكم والبرامج التى تتطلب سرعة .

(جـ) لغة البيسك BASIC Langauge

وقد تطورت هذه اللغة كبرامج يمكن أن يتعامل معها أي شخص.وهى تستخدم لغة انجليزية بسيطة، وهى لغة مناسبة وتستخدم للتعامل بين الآلة والإنسان .

وعند تشغيل لغة البيسك ، فإن جملة واحدة خاصة بالتعليمات تتغيرإلى عدة جُمل من تعليمات لغة الآلة داخل المعالج عند تنفيذها، وبهذا تكون سرعة المعالجة بطيئة.

والحاسب الدقيق الذي يُستخدم مع برامج أساسية لمعالجة لغة البيسك، ويكون مثبتا معه شاشة عرض وطابعة يسمى، عادة ، الحاسب الشخصي .

وتشمل اللغات الأخرى الفورتران ولغة السي C .

وفي مقابل البرامج ولغاتها Software ، يسمى جهاز الحاسب نفسه بالمكونات المادية Hardware .

لغة الآلة		لغة الآلة		لغة التجميع
(الرموز الثنائية)		(الرموز السداسية العشرية)		
0111 1000		$78_{(16)}$	⇨	LD A B

هذا المثال يبين طريقة عرض التعليمات الخاصة بإرسال محتويات المسجل B إلى المسجل A فى النموذج μP Z-80 للغة التجميع

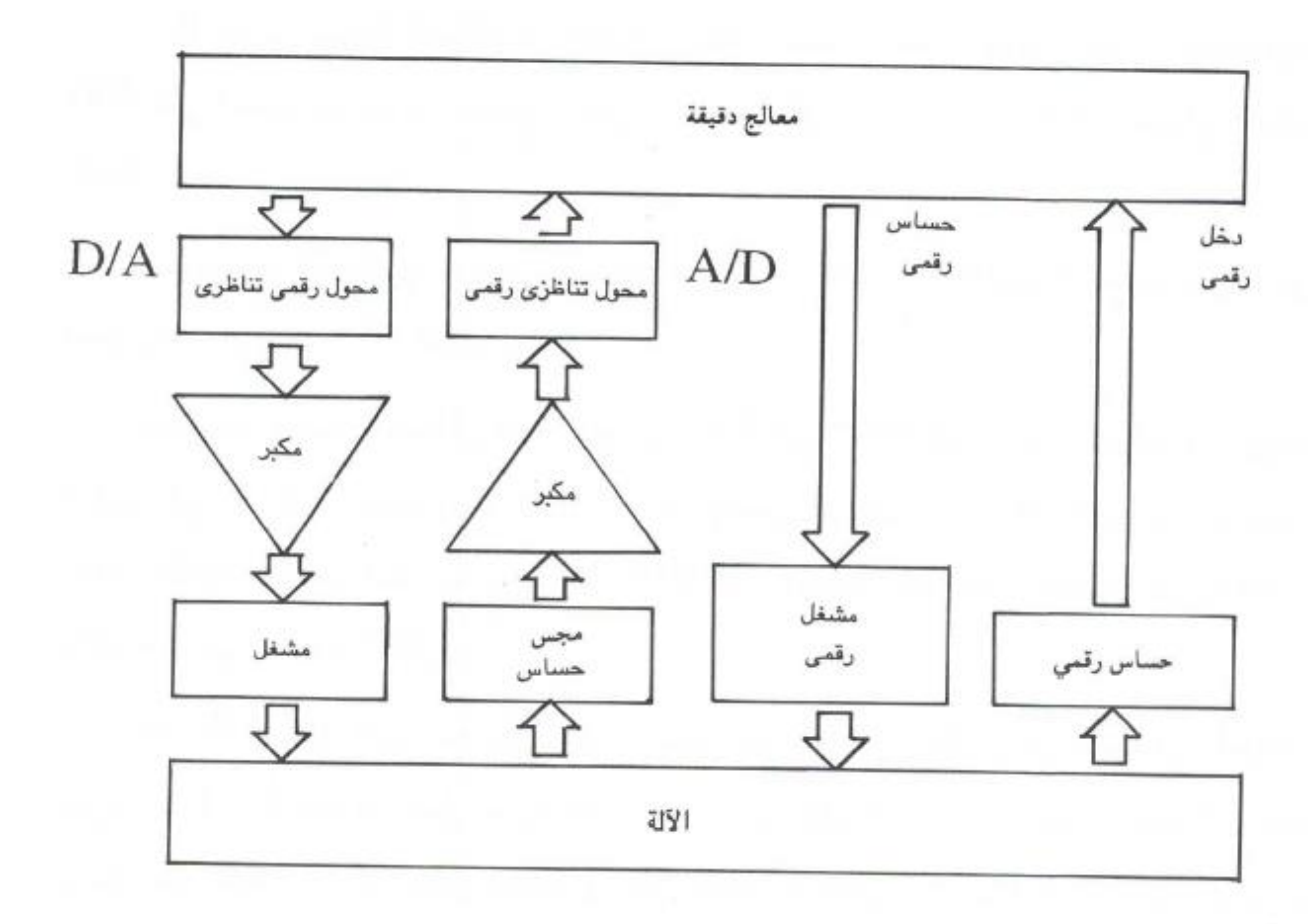
الشكل ١٠-١٢ مثال للغة التجميع

١٠ – ٥ تطبيقات الحاسب الدقيق

١٠ –٥ –١ التحكم في الآلة عن طريق معالج دقيق

يبين الشكل ١٠-١٣،نظام التحكم في الآلة باستخدام معالج دقيق.

ويقوم الحساس بالكشف عن المعلومات من الخارج ،وهي أساسا كميات طبيعية، ويحولها إلى إشارات فتظهر ككميات كهربائية . وعند استخدام المعالج الدقيق للتحكم الآلي ، يكون في غاية الأهمية أن ننتقي (نختار) مجسات مناسبة خاصة، وأن نقوم بتطوير المجسات Sensors ذات الخصائص الضرورية في بناء أنظمة التحكم .



الحساس : يقوم الحساس بالكشف عن :

كل وضع للآلة مثل : الازاحة – السرعة – العجلة – الضغط –

درجة الحرارة – أى معلومات أخرى .

مشغل رقمى : محرك خطوى

حساس رقمى : مشفر دوار – مفتاح حدى – الخ ..

الشكل ١٠–١٣ نظام التحكم في الآلة باستخدام معالج دقيق

١٠-٥-٢ التحكم في إضاءة وإطفاء مصباح

دعنا ندرس طريقة للتحكم في إضاءة وإطفاء مصباح دقيق يعمل بجهد 5 فولت، وبتيار 100 ملي أمبير عن طريق **معالج** دقيق . يبين الشكل ١٠-١٤ الرسم التخطيطي الوظيفي لشكل الحاسب الدقيق.

ويتم وضع البرنامج ، بحيث تصبح البوابة A (للمواءمة البينية دخل/ خرج) بوابة دخل وتصبح البوابة B كبوابة خرج .

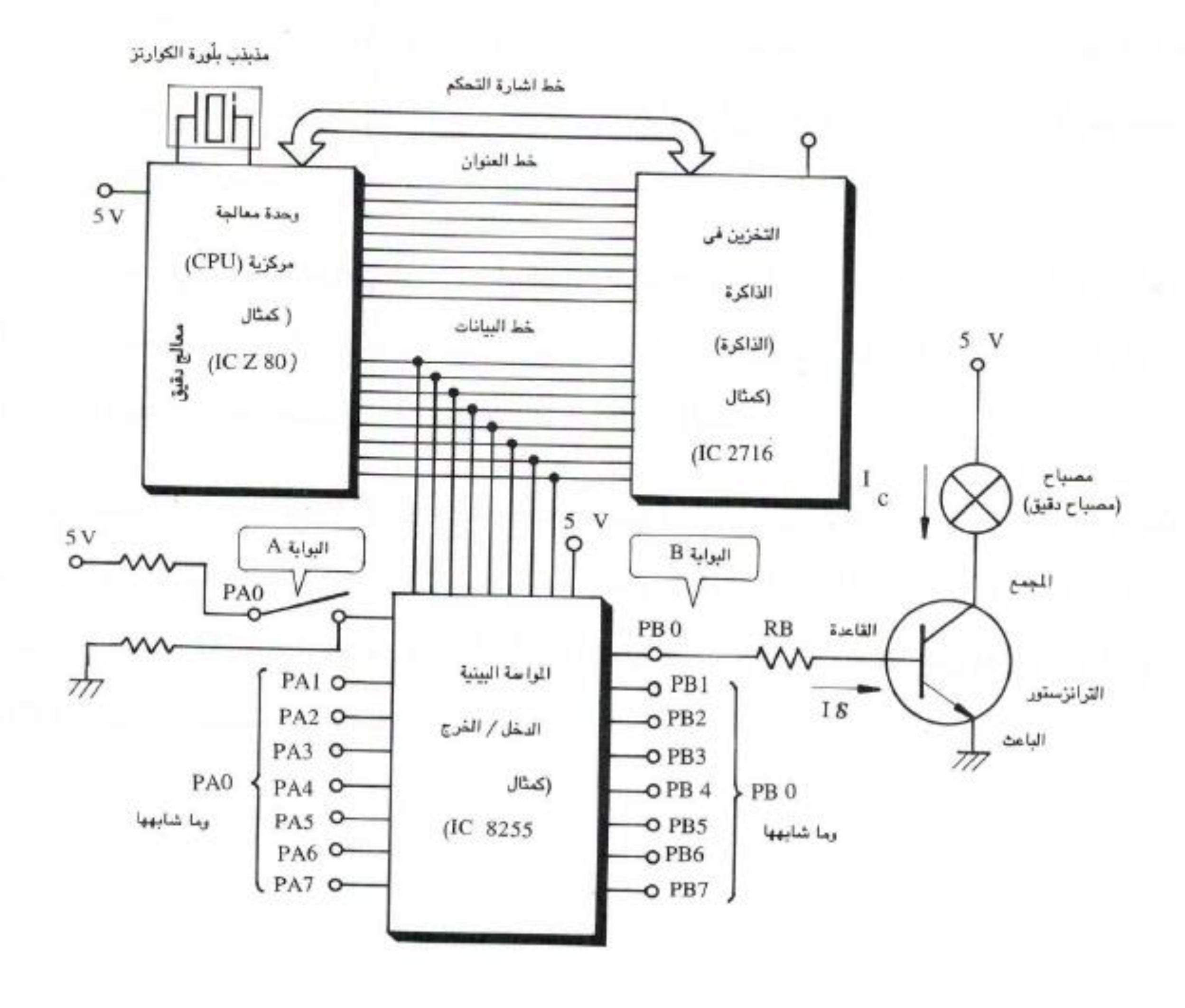
وبإجراء اختيار عشوائى للمفاتيح من PA_0 إلى PA_7 على جانب البوابة A ،وبتعيين عناوين في الذاكرة لتبديل وصل/فصل ، مع توصيل أسلاك إشارة التحكم إلى الذاكرة في حالة «كتابة» ، تكتب ثمان ثنائيات 10101010 . وبنفس الطريقة ، تستمر كتابة البرامج والبيانات في أجهزة الذاكرة .

بعد ذلك ، ينفذ البرنامج من العنوان المعين في الذاكرة ،وتكون كل ثنائية في البوابة B خرجاً بـ 1 و 0 عند فواصل زمنية عشوائية . فإذا كان الخرج 1 يخرج جهد 5 ، بحيث يطبق على قاعدة الترانزستور للحصول على حالة استمرار بين المجمع والباعث . ويمر تيار I_c، ويضاء المصباح الدقيق .

وللتحكم في خرج كل ثنائية للبوابة B ، توضع المعلومات اللازمة لتكون خرجا للبوابة B في الثمان ثنائيات للمسجل A داخل وحدة المعالجة المركزية. ثم يعطى الأمر الذي يكون خرجاً للبوابة B، إلى الحاسب الدقيق عن طريق برنامج .

وعلى سبيل المثال ، بوضع الأرقام الثنائية 00000011 والأرقام السداسية العشرية 03 في المسجل A ، وبإخراجها إلى البوابة B، تتم إضاءة المصباحين الدقيقين المتصلين مع PB_1, PB_0 .

ولإبقاء حالة الإضاءة لزمن معين ، يجب تكرار حسابات طرح 1 من عدد، داخل الحاسب حتى يصبح العدد صفراً .



الشكل ١٠-١٤ التحكم في إضاءة وإطفاء مصباح كهربائي

فعلى سبيل المثال ، بإدخال الرقم السداسي العشري FF في المسجل D داخل وحدة المعالجة المركزية، وبتنفيذ البرنامج ،يحدث تكرار عدة دورات مقدارها 1-16 x 16 = 255 (دورة) وبذلك تتم المحافظة على الزمن . ويتحدد هذا الزمن بواسطة فترة مذبذب كوارتز .

١٠ – ٥ – ٣ التحكم في درجة حرارة فرن Electric Furnace

كما يتضح في الشكل ١٠ – ١٥ ، للتحكم في درجة حرارة الأفران الكهربائية ، يتم قياس درجة الحرارة عن طريق مقاومات حرارية ومزدوجات حرارية أو معدات أخرى ، وتؤخذ كإشارات تناظرية . وتتحول هذه الإشارات إلى إشارات رقمية عن طريق محول تناظري رقمي للمعالجة عن طريق الحاسب الدقيق.

وتستخدم شاشة عرض أو طابعة كجهاز خرج لإخراج البيانات . ويتم تكبير إشارات الخرج ،وتشغيل مرحل للتحكم في المسخن، وذلك للتحكم بالتغذية المرتدة من خلال عمل التحكم (أعمال وصل/فصل ، PID) تبعا لبرنامج الدخل .

وبقياس درجة الحرارة بواسطة مقاوم حراري ، تحدث عادة أخطاء بنسبة مئوية صغيرة في درجة الحرارة . ولذلك ، يجب أن تتم معادلة الأخطاء في درجة الحرارة عندما يتطلب الأمر دقة عالية . وتتم معادلة أخطاء درجة الحرارة مسبقاً عن طريق برنامج في حالة استخدام الحاسب الدقيق .

الشكل ١٠ – ١٥ التحكم فى درجة حرارة فرن كهربائى

١٠ –٥ – ٤ التحكم في محرك سيارة Automobile Engine Control

يبين الشكل ١٠-١٦ ، ترتيبة نظام التحكم في محرك سيارة عن طريق معالج دقيق .

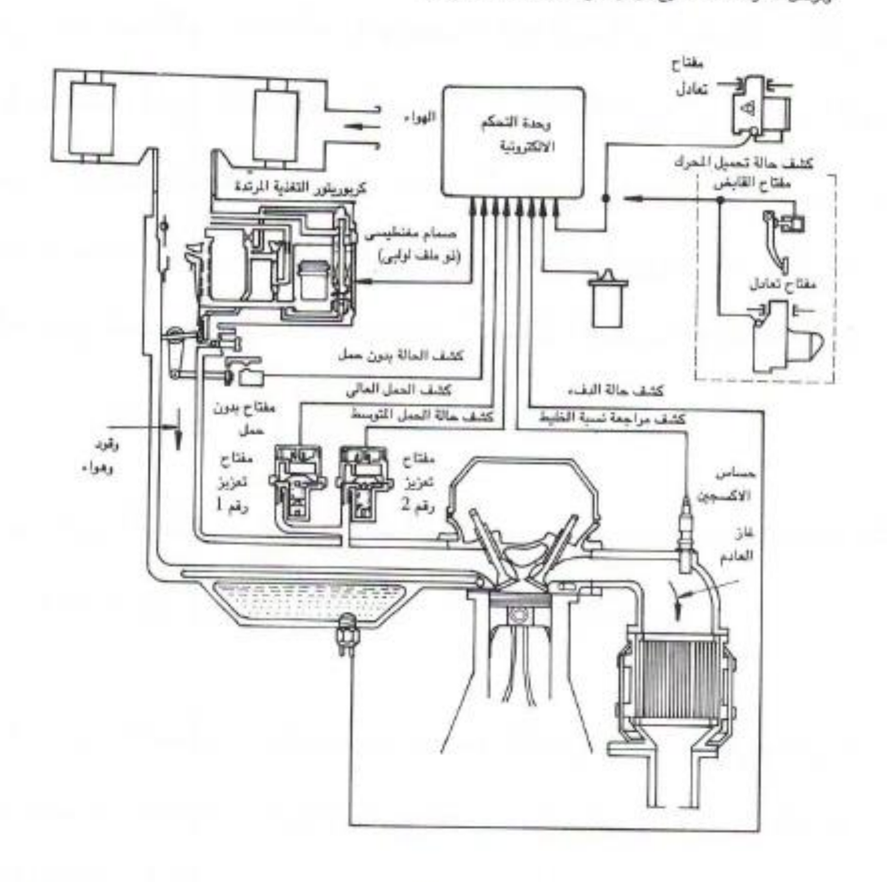
ولنظام التحكم كاشفات مختلفة للكشف عن حالة تشغيل المحرك ، وكثافة الأكسجين (O_2) في غازات العادم وبنود أخرى ، وكذلك وحدة تحكم الكترونية (تقوم بتكامل المواءمة البينية بين الدخل/ الخرج والحاسب الدقيق) تستقبل إشارات الدخل من الكاشفات ، وتحدد بدقة الكمية التي تعوض نسبة الخلط، وترسل إشارة خرج إلى الكربوريتور Car-burator، وتقوم بالتغذية المرتدة إلى الكربوريتور، الذى يصحح نسبة الخلط بعد استقبال إشارة الخرج .

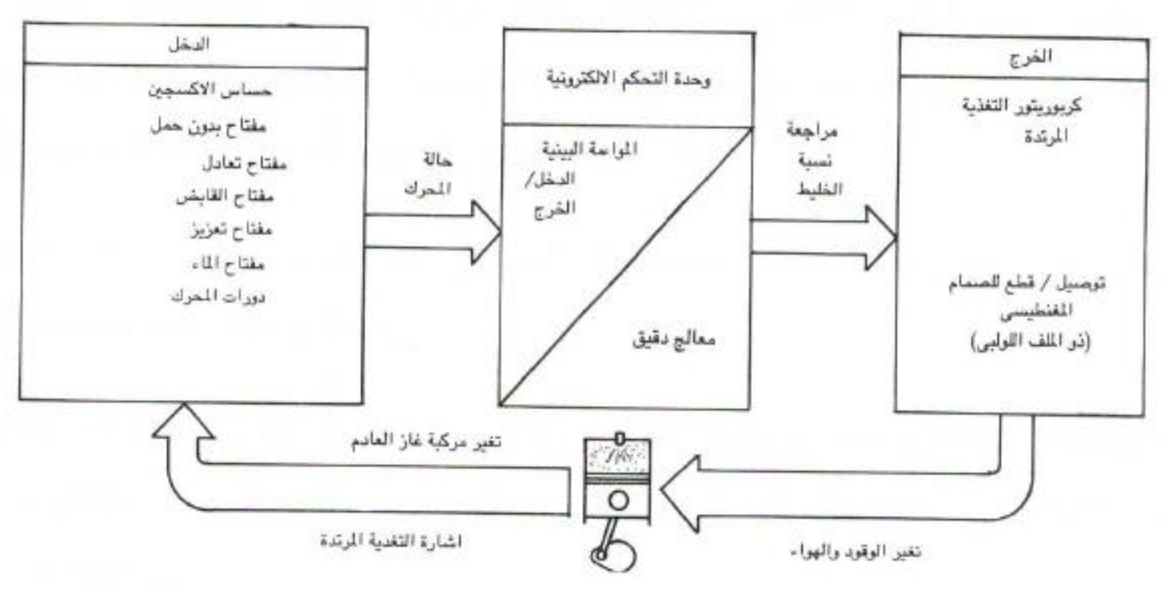
ومع استقبال الإشارات ، يتحكم الكربوريتور في الحصول على نسبة الخلط النظرية بأعلى نسبة لنقاوة غاز العادم ، وذلك عن طريق فتح وغلق مسارات إضافية للهواء والوقود . ويعطي هذا مثالا لاستخدام المعالج الدقيق كجزء خاص للقيام بعمل محدد .

وقد تطورت أفكار مختلفة للتأكد من قيادة السيارات بأمان أكثر، وفي ظروف أكثر راحة . وهنا ، يلعب الحاسب دوراً هاماً أيضاً .

وبالإضافة إلى التحكم في الأجهزة المنزلية الكهربائية ، فقد اتسع تطبيق المعالجات الدقيقة ليشمل الروبت الصناعى،والأجهزة الطبية، والاتصالات، ومعدات المكاتب والتعليم، وخدمات المعلومات المختلفة . وسيحقق الأداء المحسن للحاسبات الدقيقة والاستخدام المطور والمتقدم لتقنيتها زيادة في مدى التطبيقات إلى مالا نهاية .

يكتشف حساس الاكسجين كمية الاكسجين فى غازات العادم ويحدد ما اذا كانت نسبة الخليط خفيفة أو سميكة با لنسبة الخليط النظرية . وتكتشف مفاتيح عدم الحمل / التعادل / القابض / التعزيز ودرجة حرارة الماء حالات التشغيل تحدد وحدة التحكم الالكترونية مقدار نسبة الخليط الصحيحة من اشارات الاحساس بالاكسجين والحساسات الاخرى وترسل اشارات التصحيح الرقمية الى كربوريتور التغذية المرتدة .





الشكل ١٠-١٦ التحكم في محرك سيارة

١٠ - ٦ الروبت الصناعي Industrial Robots

الروبت هو أحد مجالات التحكم باستخدام الحاسبات الدقيقة ، التي تتقدم في الوقت الحالى بصورة خاصة.(في التصنيف الدولي لبراءات الاختراع، يعرف «الروبت» على أن له وظائف عمل مرنة تشبه وظائف الأجزاء المتحركة في الأجسام البشرية، وله وظائف ذكية تُمكّنه من التحرك تبعاً لمتطلبات الإنسان). ومن أنواع الروبت تلك التي تُستخدم ، بشكل رئيسي، في المصانع لتحسين الإنتاجية وتوفير العمالة البشرية. ويسمى الروبت الصناعي .

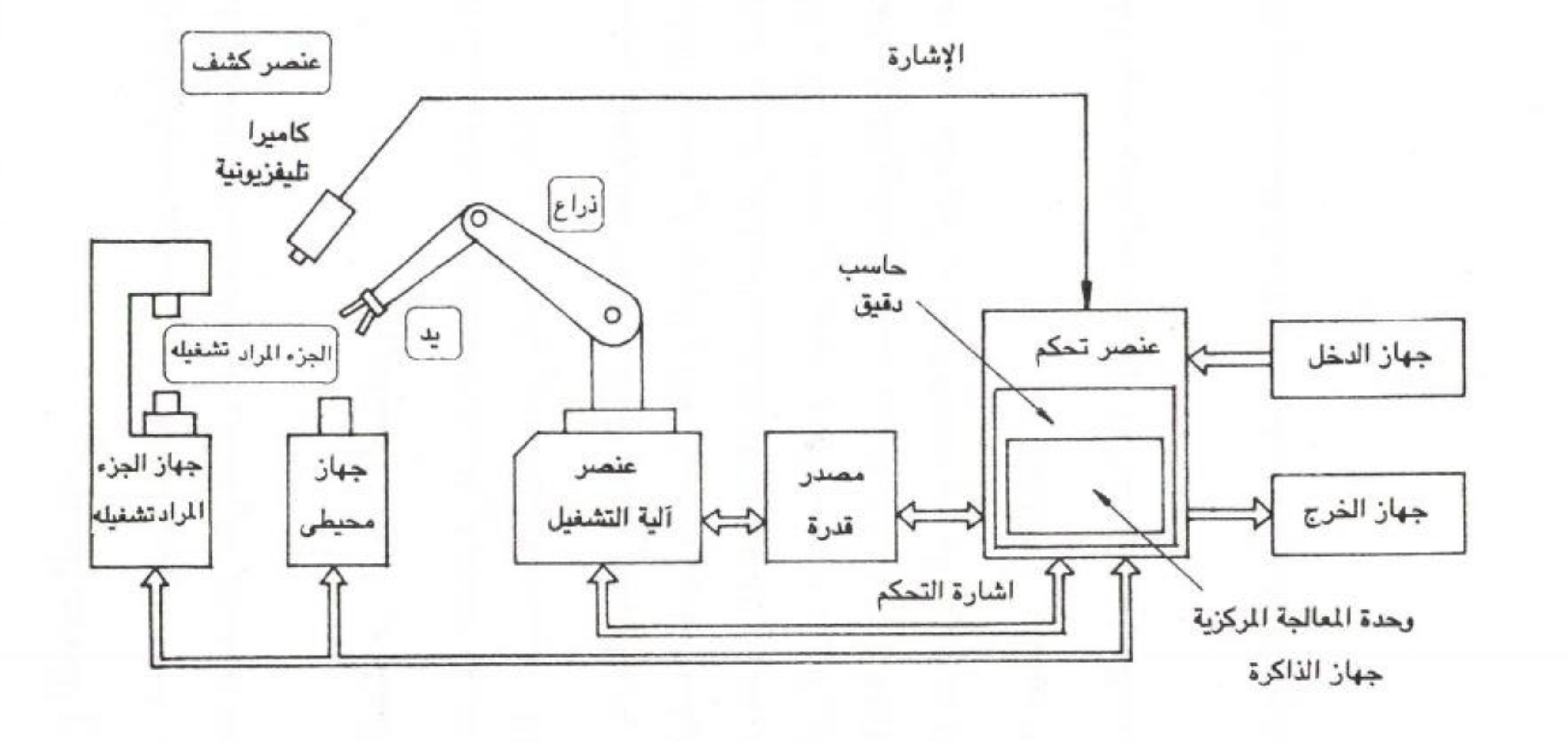
١٠ - ٦ - ١ مكونات الروبت الصناعي

كما يظهر في الشكل ١٠-١٧ ، فإن الروبت الصناعي له وظائف تشبه الأطراف العلوية للإنسان، وهو مزود بأيدي وأذرع ليمسك قطعة التشغيل.

ويسمى هذا الجزء المُشّغل ويتكامل مع وحدة الإدارة التي تقوم بتحريك اليد والذراع . وتستخدم ثلاثة مصادر للقوة المحركة، هي الهواء وضغط الزيت والكهرباء . ويجب وجود وحدة تحكم Controller لجعل الروبت يؤدى الأعمال المختلفة . وهذا الجزء يناظر المخ البشرى . ويناظر «جزء الكشف» أعضاء الإحساس البشرية مثل العين . ولابد من توافره ليتمكن مفتاح التحكم من أداء الوظائف المعقدة .

ويجُهَّز الروبت بأجهزة دخل وخرج لإعطاء التعليمات بالقيام بالعمل. وفي بعض أنواع الروبت يُستخْدَم دخل وخرج صوتي.

ونادراً ما يستخدم هذا الروبت الصناعي مستقلا. وتقريباً تستخدم كلها، بضمها إلى المعدات والآلات التى تقوم بالعمل ، مثل آلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) ، ومع المعدات المحيطة بها .



الشكل ١٠ – ١٧ مكونات الروبت الصناعى

١٠-٦-٢ أنواع االروبت الصناعي

يصنف الشكل ١٠-١٨، الروبت الصناعي على أســاس عمليات المُشغِّل . ويصنف الجدول ١٠-٣، الروبت الصنــاعي على أساس معلومات الدخــل والتعلّم (تعلّم ماذا يجب عمله ؟ وكيف ؟) .

١٠ - ٦ - ٣ التحكم في الروبت الصناعي

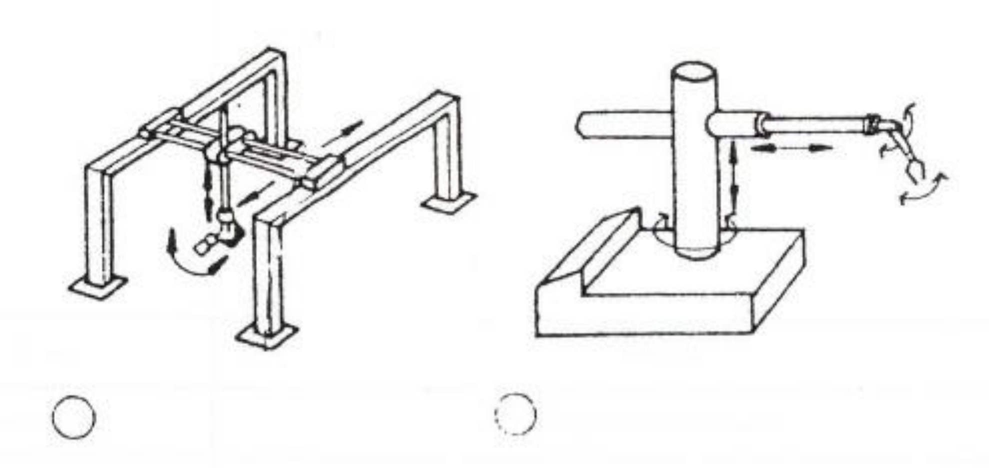
ولنأخذ مثــالا لطريقة التحكم في الروبت الصــناعي باستخدام روبت الاستعــادة Playback Robots ، المستخدم كروبت صناعي بكميات كبيرة حالياً .

في البداية ، يقوم الإنسان بوضع الروبت في حالة تعلّم ويقوم ببرمجة العمل ، فتتحرك «اليد» إلى الوضع المطلوب ، بتشغيل المفتاح الموجود في صندوق التعلّم . وبالضغط على زر الذاكرة ، يتم تخزين المعلومات المختلفة عن العمل في المسار المبين في الشكل ١٠-١٩ . وعندما يكون الروبت في وضع العمل ، يكون في حالة استعادة Playback ، وتعطي إشارة بدء START . فتتحرك اليد حسب البرنامج للقيام بالعمل . وأحد خصائص هذا التحكم هو تخزين البرامج المختلفة للعمل من أجل قطع تشغيل مختلفة.

١٠ - ٦ - ٤ المجسّات Sensors

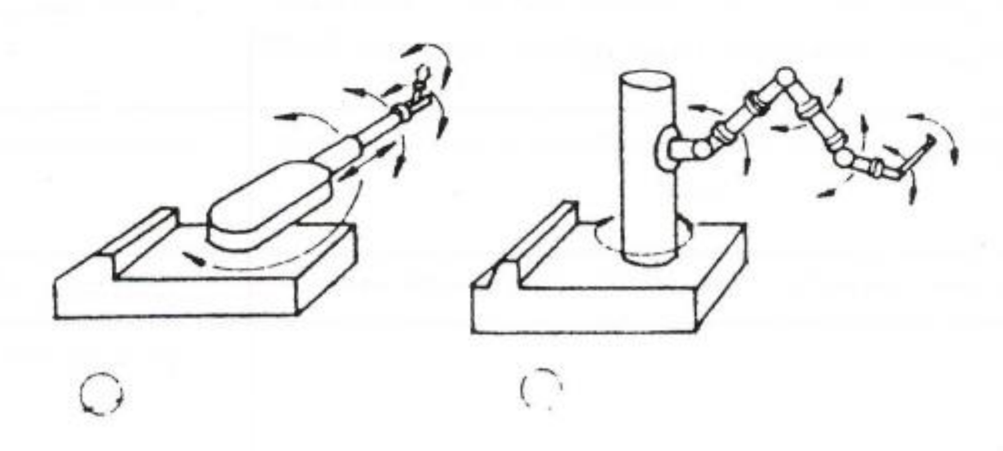
تناظر الحساسات الحواس الخمسة عند الإنسان، وهي تقوم بجلب المعلومات داخل وخارج الروبت .

وتستخدم أنــواع مختلفة من الحســاسات في الروبت الصــــناعي كما يظهر في الجدول ١٠ -٤.



١ – روبت احداثيات بزاوية قائمة
– سهل التحكم
– دقة عالية فى التشغيل

٢ – روبت احداثيات اسطوانية
– سهل التحكم
– دقة عالية فى التشغيل



٣ – روبت احداثيات قطبية
– مدى تشغيل كبير
– يحتاج الى تحويل الاحداثيات والتحكم فى الوضع

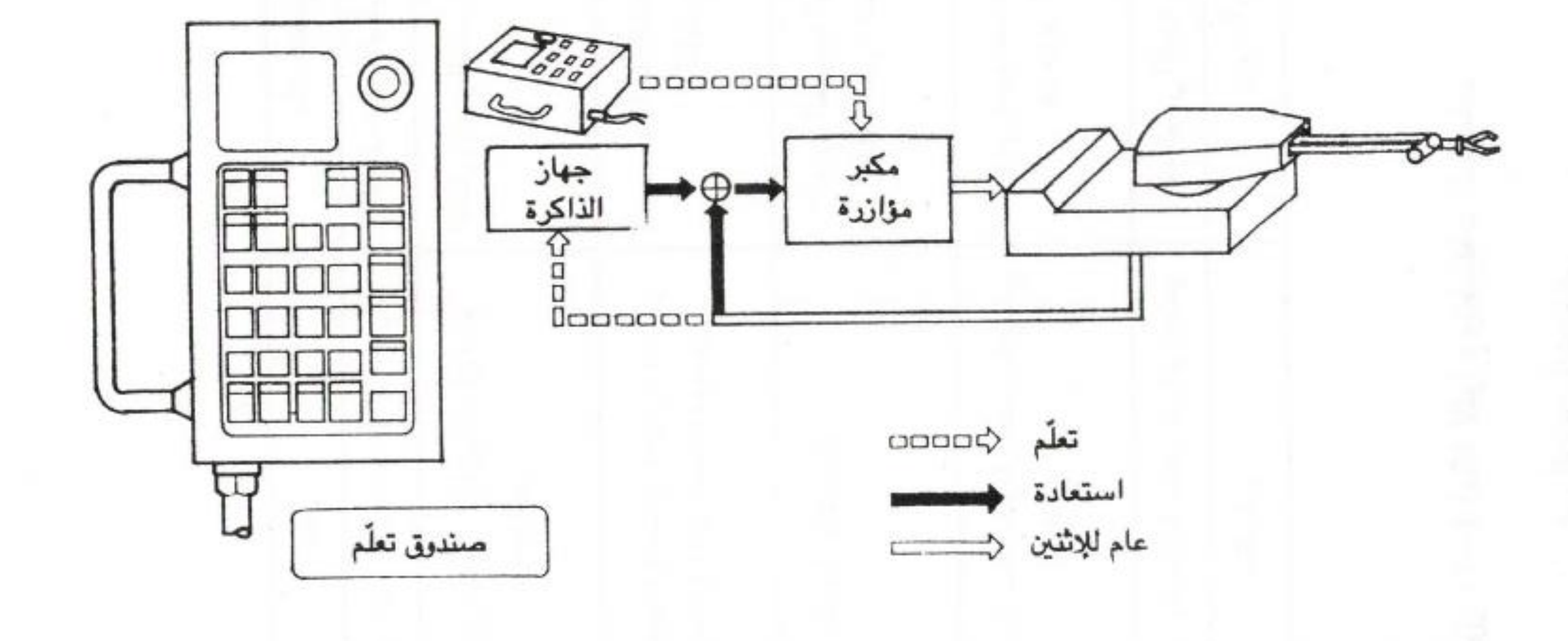
٤ – روبت مُتعدد الوصلات
– توجد امكانية للاعمال المعقدة
– معقد وتوجد امكانية للتحكم بدرجة عالية

الشكل ١٠ – ١٨ تصنيف الروبت الصناعى
على اساس عمليات المشغل

الإسم	التعريف
المُشغل اليدوي	مُشغّل يتحكم فيه الإنسان
الـــربـــوت بتتابع ثابت	مُشغّل يتقدم كل خطوة من خطوات العمل بالتتابع تبعاً للتتابع المقرر . وليس من السهل تغيير المعلومات المقررة عن الوضع والحالة
الـــربـــوت بتتابع متغير	مثل السابق ، ولكن يمكن تغيير المعلومات المقررة عن الوضع والحالة
الـــربـــوت استعادة	يستطيع المُشغّل أن يعيد العمل عدة مرات بقراءة ما يلزم. وهو يحتفظ في الذاكرة بتتابع التشغيل. ويقوم الإنسان بالتحكم في تحديد الموضع والمعلومات الاخرى والشرح للمُشغّل
الـــربـــوت بتحكم عددي	المُشغّل الذي يستطيع أن يعمل بالتعليمات العددية : ما هو التتابع والموضع والمعلومات الأخرى ؟
الـــربـــوت ذكـــي	الـــربـــوت الذي يستطيع أن يقرر الفعل الذي يقوم به ، عن طريق وظيفة حساس ووظيفة الفهم

(ارجع الى JIS B 0134 - 1979)

الجدول ١٠-٣ تصنيف الربوت الصناعي على أساس معلومات الدخل والتعلّم



الشكل ١٠ - ١٩ سريان اشارة التحكم فى روبت الإستعادة

الكمية الطبيعية	المجس	مثال للتطبيقات
الإضاءة	حساس ضوئي (ترانزستور ضوئي ، ثنائي ضوئي)	التعرف على الأجسام والمسارات
اللون	حساس ضوئي وكاميرا تليفزيونية ملونة مع مرشح للون	اختيار وتمييز الجسم عن طريق اللون
المسافة	شعاع ليزر وجهاز إحساس ضوئي ، مقياس صوتي، مفتاح دقيق ، مطاط موصل	تثبيت مسافة بعيدة ثابتة ، التحكم في الموضع
الشكل	كاميرا تليفزيونية	الحدود الخارجية للجسم ، تمييز الخصائص ، تمييز الجسم
القوة (الوزن)	مقياس انفعال ذو سلك مقاومة ، عنصر كهربائي إجهادي	التحكم في قدرة المسك ، اختيار الجسم عن طريق الوزن
الانزلاق	مقياس انفعال ذو سلك مقاومة ، عنصر كهربائي إجهادي	التحكم في القدرة على الإمساك
الصوت	ميكروفون	وجود الجسم

الجدول ١٠-٤ أمثلة لأنواع وتطبيقات المجسات

في الروبت الصناعي

١٠ – ٦– ٥ البرامج (لغات برمجة الروبت)

Software (Robot Languages)

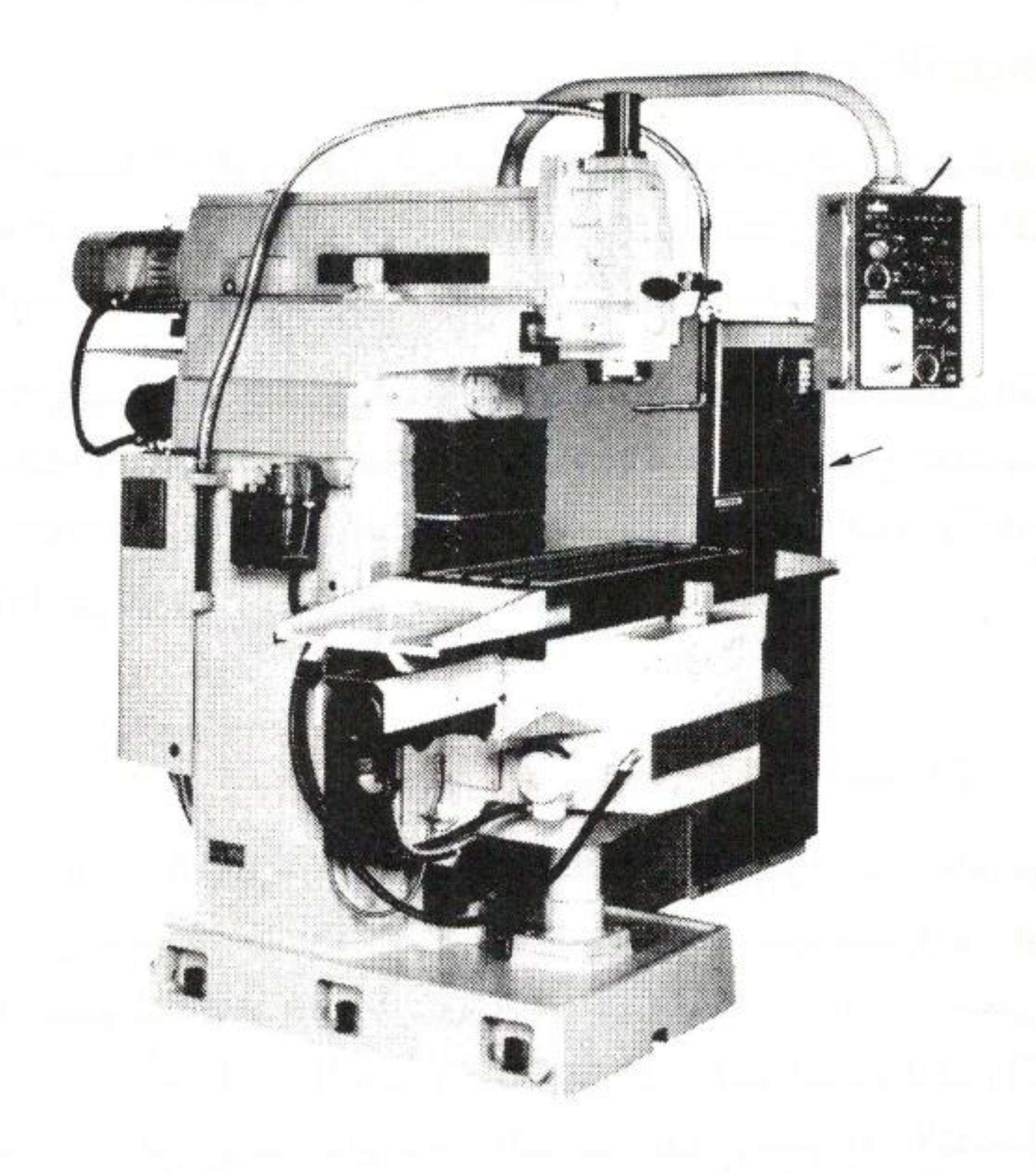
هناك حاجة للتحكم عن طريق البرامج باستخدام الحاسب لكي يرتبط الروبت مع الأجهزة الأخرى ، ولكي يقوم الروبت بضبط الأعمال المعقدة لتتناوب مع الحالات المختلفة تبعاً للظروف المحيطة به . ويستلزم هذا لغات للروبت للقيام ببرمجة طرق العمل .

ويمكن تقسيم هذه اللغات ببساطة إلى لغات مستوى الفعل ولغات مستوى الغرض. وتحدد «لغات مستوى الفعل» كيفية تحريك «اليد» بالتتابع . بينما تشرح «لغات مستوى الغرض كيفية تشغيل الأغراض (قطع التشغيل) ، بدون ذكر أفعال «اليد» . واللغات التى يتم تداولها هى تقريباً من نوع لغات مستوى الفعل.

١٠– ٧ آلات التشغيل بالتحكم العددي NC Machine Tools

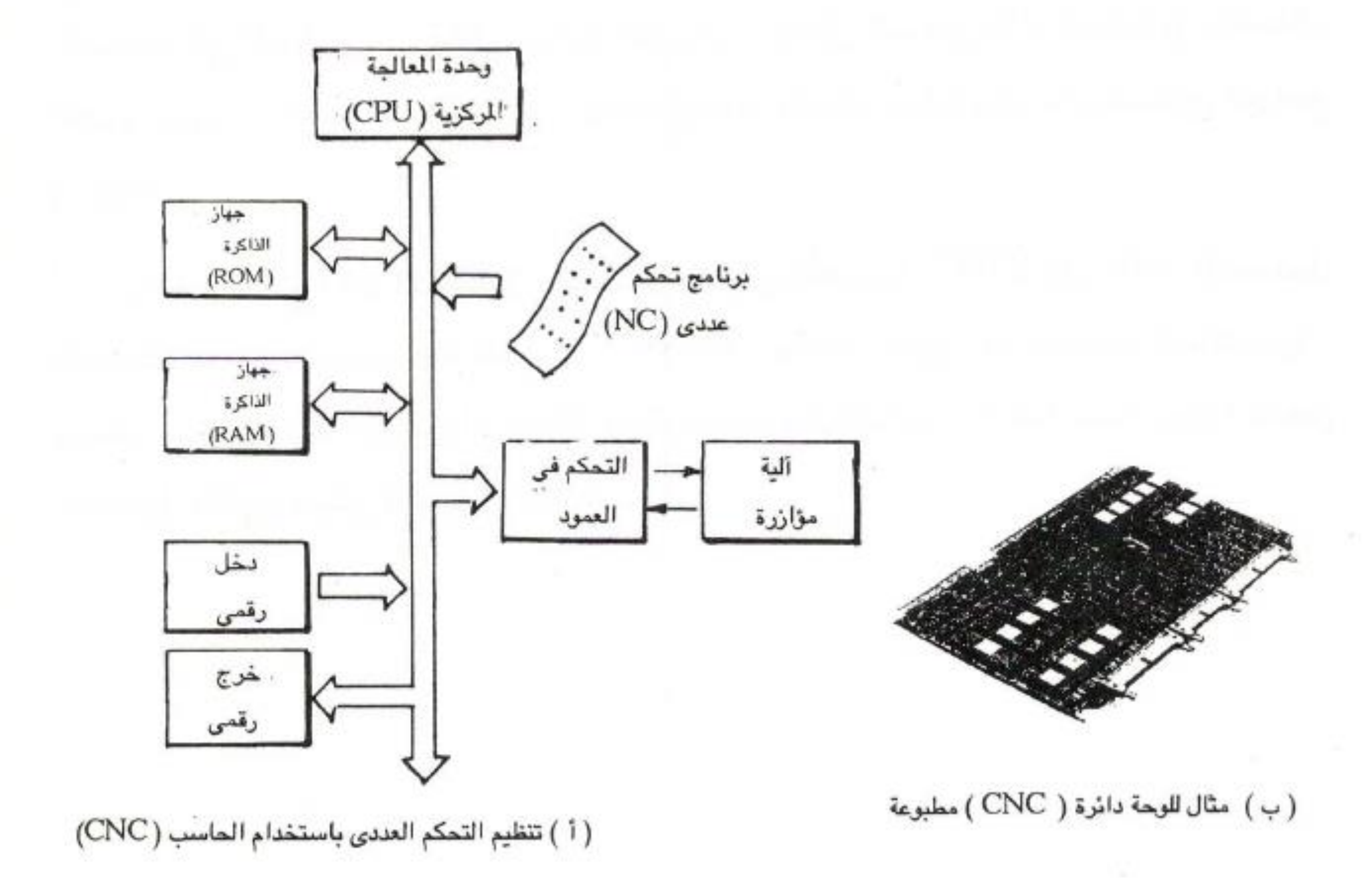
معدة التحكم العددي (NC) هي معدة التحكم التى تعطى أوامر خاصة عن مواضع العِدّة بالنسبة لقطع التشغيل وبنود أخرى ، عن طريق إشارات رقمية مناظرة لها . (وقد تم اختراع التحكم العددى عن طريق بارسونز – الولايات المتحدة سنة ١٩٥٢ . وبمعنى أصح ، كان يجب أن يسُمَّى التحكم الرقمي (DC) . غير أن ، الاسم «التحكم العددى (NC)» قد أخذ به تبعاً لتاريخ استخدام وتطوير آلات التشغيل) . وتسمى آلات التشغيل التى تستخدم هذا النوع من المعدات – آلات التشغيل بالتحكم العددى . ومعدات التحكم العددي التي تستخدم حاسب دقيق تسمى أجهزة (CNC) (التحكم العددى باستخدام الحاسب) . وحاليا ، تقريبا جميع آلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) ، هي آلات تشغيل بالتحكم العددي باستخدام الحاسب (CNC) .

ويبين الشكل ١٠–٢٠ مثالا لآلة تشغيل بالتحكم العددي (NC) .



الشكل ١٠-٢٠ ماكينة تفريز بالتحكم العددي (NC)

ويبين شكل ١٠-٢١ ، التحكم العددي باستخدام الحاسب (CNC) ومثال للوحة دائرة مطبوعة.



(أ) تنظيم التحكم العددى باستخدام الحاسب (CNC)

(ب) مثال للوحة دائرة (CNC) مطبوعة

الشكل ١٠-٢١ التحكم العددي باستخدام الحاسب (CNC)

ومثال للوحـــة دائرة (CNC) مطبوعة

ووحدة المعالجة المركزية هي العقل في الحاسب الدقيق . ومن الذاكرتين ، تقوم الذاكرة (ROM) بتخزين البرنامج التي تتحكم في معدات (NC) بنفسها ، وتفك رموز برامج التشغيل بالتحكم العددي(NC) . وتحتوي الـ (RAM) ، أساسا على بيانات التعليمات . كما تحتوي على برامج التشغيل . وفي التشغيل بالتحكم العددي (NC) ، وكما يظهر في الشكل ١٠-٢٢، تدخل البيانات الضرورية من خلال لوحة المفاتيح ويتم مراقبة إدخال البيانات إلى الذاكرة من خلال شاشة العرض . ويمكن تشغيل آلات التشغيل بالتحكم العددى بدون استخدام شريط ورقى . وتسمح هذه الطريقة بكتابة وطباعة وتصحيح البرامج بسهولة.

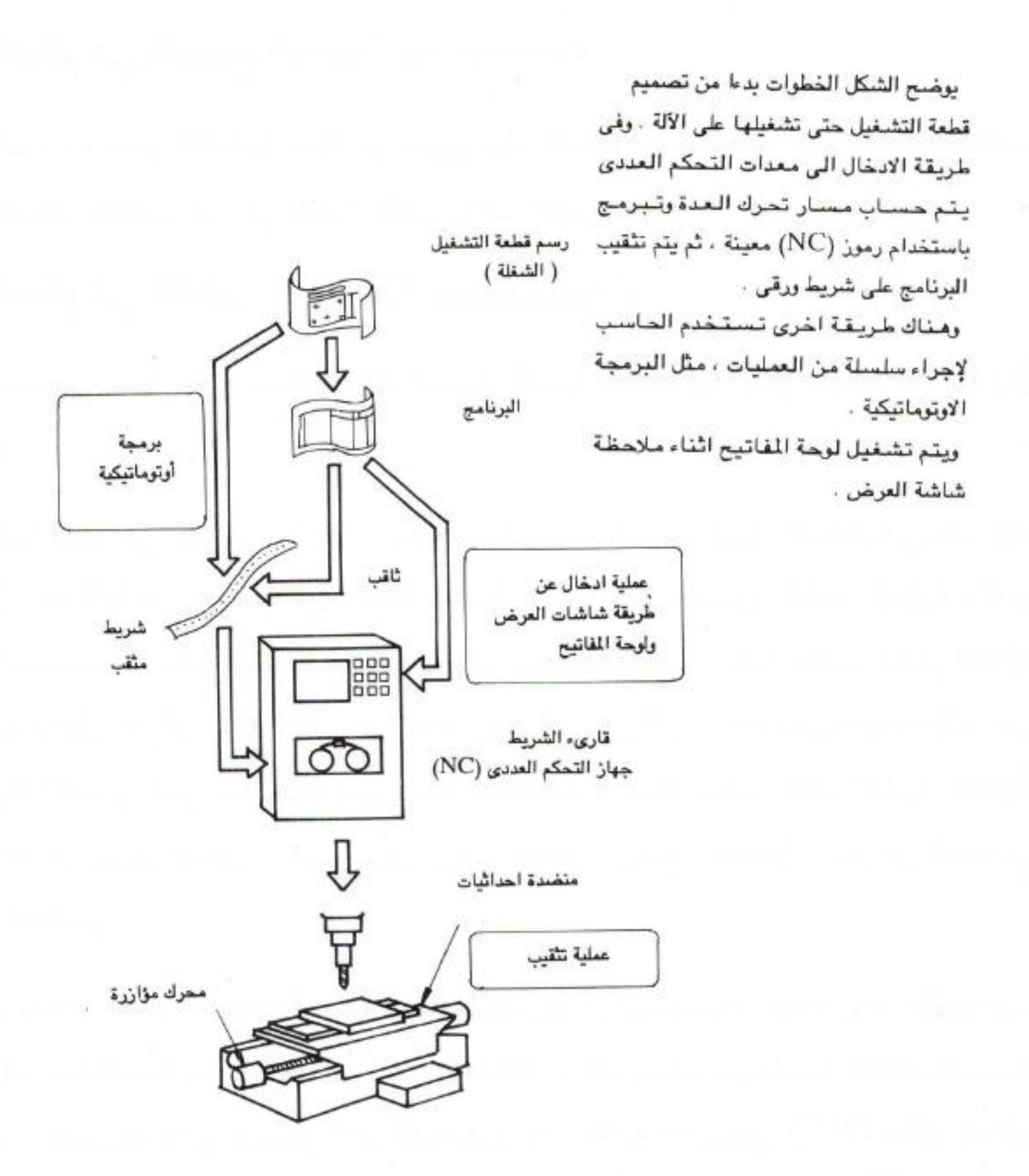
وبالمقارنة مع آلات التشغيل بالتحكم العددى المعروفة (NC)، فإن لآلات التشغيل بالتحكم العددي باستخدام الحاسب (CNC) ، حاسب دقيق ذو سعة ذاكرة كبيرة ، ويمكن أن يقوم بتشغيل أجزاء مختلفة ومتنوعة بدرجة عالية من الاعتمادية، وبهذا تسمح بالتشغيل الأوتوماتيكي لمدة طويلة .

١٠-٧-١ مسار العمل في حالة آلات التشغيل بالتحكم العددى

يوضح الشكل الخطوات بدءا من تصميم قطعة التشغيل حتى تشغيلها على الآلة . وفى طريقة الادخال الى معدات التحكم العددى يتم حساب مسار تحرك العدة وتبرمج باستخدام رموز (NC) معينة ، ثم يتم تثقيب البرنامج على شريط ورقى .

وهناك طريقة اخرى تستخدم الحاسب لإجراء سلسلة من العمليات ، مثل البرمجة الاوتوماتيكية .

ويتم تشغيل لوحة المفاتيح اثناء ملاحظة شاشة العرض .



الشكل ١٠-٢٢ مسار العمل لآلة تشغيل بالتحكم العددي

١٠-٧-٢ التحكم في آلات التشغيل بالتحكم العددي

يتم التحكم في البنود التالية عند تشغيل آلات التشغيل بالتحكم العددي(NC) :

(١) التحكم في الموضع Positioning Control

تتحدد مواضع التشغيل بدقة عن طريق هذا التحكم . ويُستخدم هذا التحكم أساسا آلات التشغيل للتثقيب كما في آلات التثقيب وآلات التجويف.

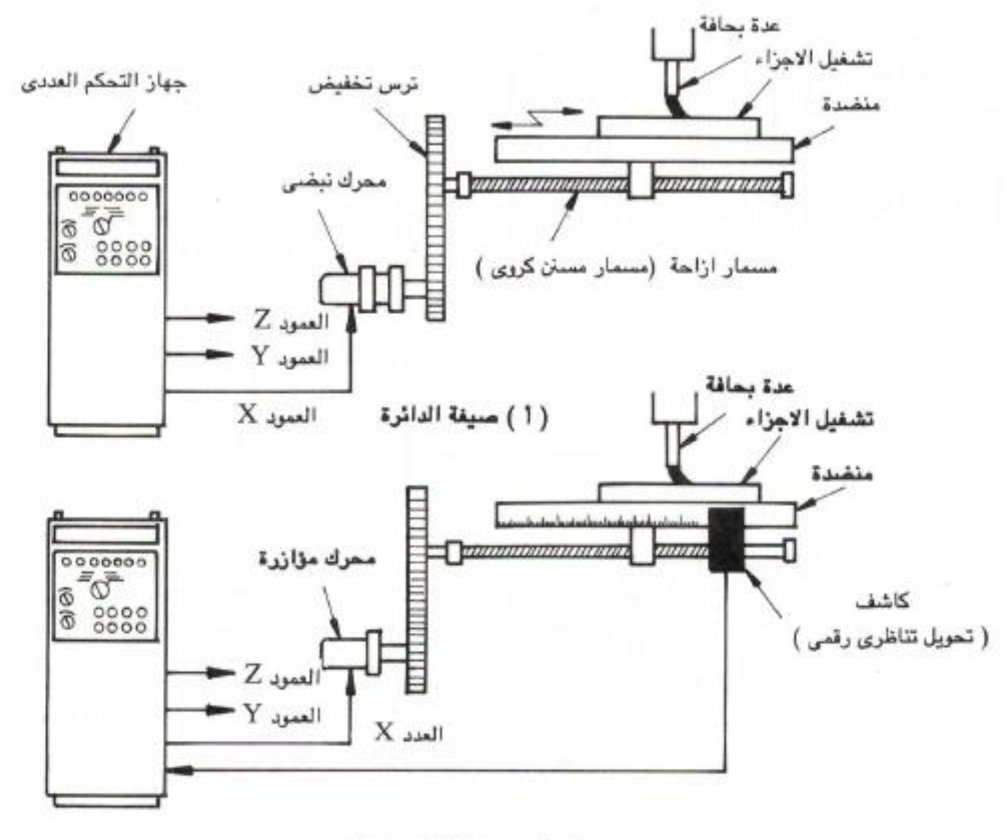
(٢) التحكم في الكنتور Contouring Control

يستخدم عندما يكون مسار حركة العدة ذا أهمية ،وكذلك عند قطع أشكال خاصة مثل الكامات .

وكما يبدو في الشكل ١٠-٢٣ ، يمكن ، تقريباً ، تقسيم طرق التحكم في نظم آلية لتشغيل Drive إلى مجموعتين . فكما تعلمنا عند دراسة موضوع آليات المؤازرة ، تقوم إحدى المجموعات بآلية التشغيل باستخدام محرك نبضى . وهذا يعتبر نظام الدائرة المفتوحة (أنظر الشكل (أ)) ،للتدوير بوحدة زوايا الدوران لكل نبضة تعليمات داخلة . أما المجموعة الأخرى فهي تستخدم محرك مؤازرة للإدارة .وهذا يعتبر نظام الدائرة المقفولة (انظر الشكل (ب))، للتأكد - عن طريق تركيب كاشف موضع منفصلاً - من أن العدة في الوضع المطلوب .

ولا يتطلب نظام الدائرة المفتوحة كاشفاً، وهو ذو تركيب بسيط . وله درجة اتزان جيدة . غير أنه ، بالمقارنة مع النظام ذي الدائرة المقفلة ، أقل جودة من ناحية الدقة والسرعة والمقدرة . وتقريبا تتبع جميع آلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) نظام الدائرة المقفلة باستخدام محركات مؤازرة (DC) ، وأيضاً محركات مؤازرة (AC)، والتي تدوز بسرعة عالية ، ويسهل الصيانة .

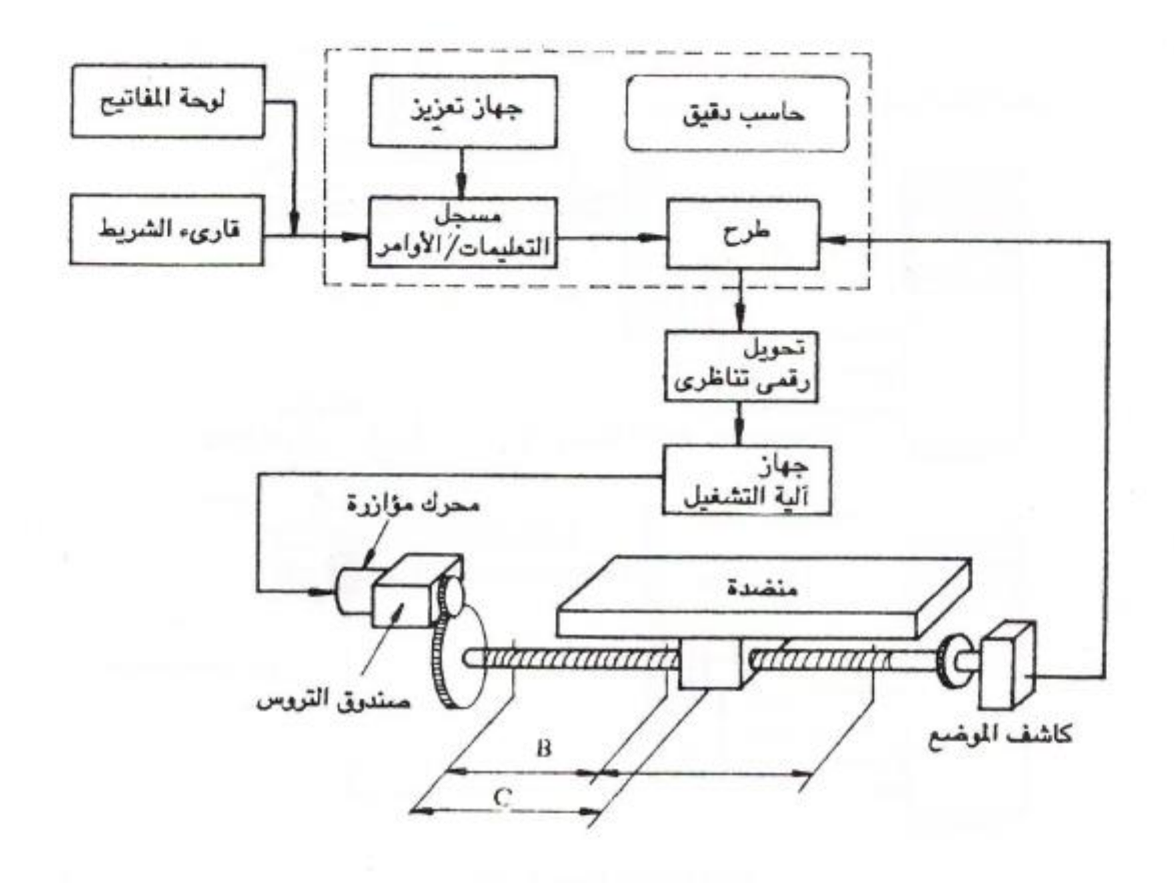
ويبين شكل ١٠-٢٤ مثالاً لآلة بالتحكم العددي (NC) تستخدم محرك مؤازرة كوحدة إدارة ، وتقوم بالكشف موضع منضدة آلة التشغيل عن طريق كاشف للقيام بتصحيح الموضع . وهي من نوع الدائرة المقفلة . وتستخدم مُشفر نبضات ، وميزان مغنطيسي ووحدات أخرى ككاشفات موضع .



(ب) صيغة الدائرة المغلقة

الشكل ١٠-٢٣ طرق التحكم

يدخل الامر بقيمة A للتشغيل فقط من خلال لوحة المفاتيح أو قارىء الشريط . تضاف القيمة B فقط لحاذاة نقطة أصل التشغيل ، لتصبح A+B . ولكل حركة للمنضدة بمسافة ما ، تستقبل كمية إشارة التغذية المرتدة C من الكاشف ، ويتم حسابها وارسالها الى محرك المؤازرة . ويدور المحرك حتى تقترب القيمة Cمن القيمة التى تم ضبطها A+B ، وتخفف سرعة المحرك ويتوقف فى الوضع المطلوب .ثم ندخل قيمة تعليمات تشغيل تالية بالتتابع .



الشكل ١٠ – ٢٤ معدة بالتحكم العددى (NC) من نوع الدائرة المغلقة

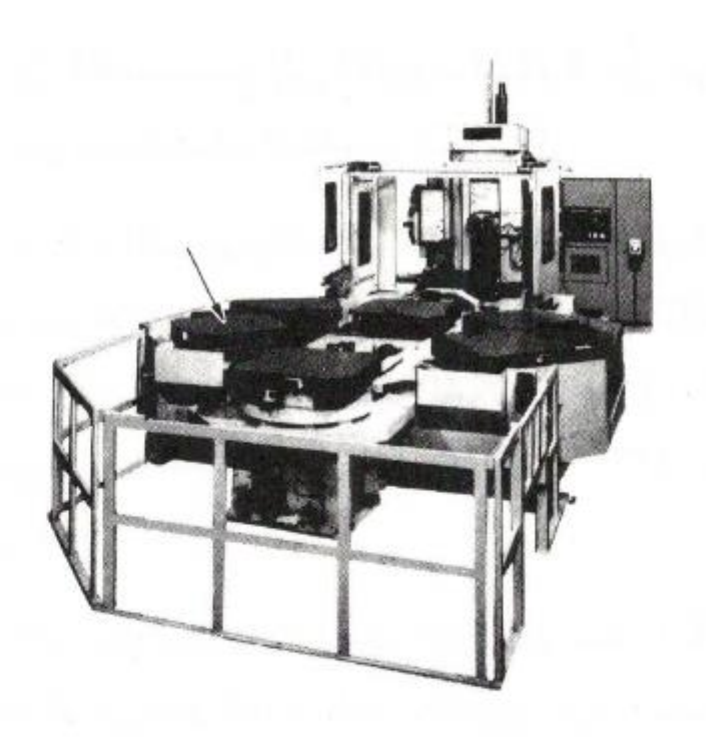
١٠-٧-٣ تحـــول المصنـــــع إلى الأوتومـاتيكيـة عن طريق آلات التـشـغـيل بالتحكـم العـددي باستخدام الحاسب (CNC)

عَجل استخدام آلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) بجعل التشغيل يتم أوتوماتيكياً، والتقدم من الآلات ذات الأغراض العامة إلى مراكز التشغيل(MCs) ذات وظيفة التغيير الأوتومـاتيكي للعِدَد والمنصـة(الطبليـة)، (انظر الشكل ١٠-٢٥) ، وآلات التـشـغـيل بالتـحكم العددي (NC) مع الروبت الصناعي ، (انظر الشكل ١٠-٢٦) ، والانـتقال إلى التشـغيل بدون تدخل العامل .

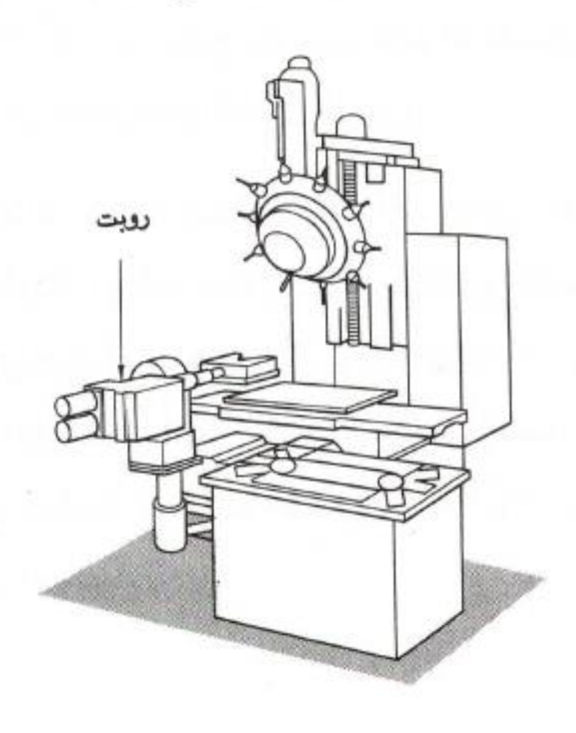
وتعمل هذه الآلات عند استقبال تعليمات التحكم من معدة (CNC) . وبضبط أوضاع العِدَد أولا ، يتم التأكد من تآكل العدة والبنود الأخرى ، ويتم تصحيح ذلك عن طريق معدة الـ (CNC) . وهي تقوم أوتوماتيكيا بالتأكد مما إذا كانت ظروف التشغيل عادية أم لا ، وتوقف التشغيل إذا كانت ظروف التشغيل غيرعادية .

وتخزن معدات (CNC) مع برامج تشغيل قطع التـشغيل المختلفة ، وتوقف العمل أوتوماتيكياً عند الانتهاء من العمليات والكميات المطلوبة .

وبهذا ، فإنه باستخدام آلات التشغيل (CNC) ، يمكن تحقيق التشغيل الأوتوماتيكي بدون تدخل العامل لمدة طويلة ، وعليه يمكن القيام بالإنتاج الأوتوماتيكي أثناء الليل.ويمكن التحكم في الإنتاج حين يتحول المصنع إلى الأوتوماتيكية(FA)، وذلك عندما يتم ربط آلات التـجميع الأوتومـاتيكيـة، ووسـائل النقل الأوتومـاتيكي ، والمخـازن التي تعمل أوتومـاتيكيـاً والأنظمة الأخرى، بشكل متناسق مع آلات التشـغيل (CNC) ، وعندما يتم التحكم الشامل لكامل المصانع عن طريق الحاسبات .



الشكل ١٠-٢٥ مركز تشغيل مع تغيير الطبلية



الشكل١٠-٢٦ مثال لآلة تعمل بالتحكم العددي مع روبت صناعي

تمرينـــــــات

١ – صِفْ خصائص الحاسب الدقيق .

٢ – يمكن تقسيم الحاسب الدقيق إلى أربعة أجزاء ببساطة . ما هي الأجهزة التي تشملها هذه الأجزاء ؟

٣ – ما هي الأجهزة التي يمكن اعتبارها أجهزة خرج للحاسب الدقيق؟

٤– عبر عن 9 ،21 العشرية بالأرقام الثنائية .

٥ – اجمع الأرقام الثنائية التالية وحولها إلى أرقام عشرية :

1100	1000
+ 0110	+ 1110

٦ – كيف يُستخدَم الروبت الصناعي في صناعة الآلات ؟ اذكر بعض الأمثلة .

٧ – ما هو الأساس الذي يستخدمه قارىء الشريط الورقي لآلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) ؟

ملاحظات ختامية

١. تعريف الوحدات الأساسية

1 م (1m): طـول مسافـة انتشـار الضـوء في الفراغ في فـتـرة تساوي $\frac{1}{299792458}$ ثانية .

1 كجم (1kg) : وحدة الكتلة ، وتساوى كتلة الكيلو جرام النموذجى الدولي .

1 ث (1s) : أمد مستمر في فترة 770 631 192 9 من إشعاع يناظر الإنتقال بين مستويين فائقى الدقة لذرة السيزيوم 133 في حالة خمود .

1A : تيار مستمر يمر في موصلين مستقيمين موضوعين في فراغ بمسافة بينية تساوي 1 م ، ذوي مساحة مقطع دائرى متناهية في الصغر ، وذوي طول لانهائي ، وتؤثر عليهما قوة تساوي 2×10^{-7} نيوتن /م .

1 سعر (1K) : يساوى $\frac{1}{273.16}$ من درجة الحرارة الثرموديناميـة عند النقطة الثلاثية للماء .

1 جزيء (1 mol) : مقدار المادة في النظام الذي يحتوي على عناصر مركبة من العدد الذى يساوى عدد الذرات الموجودة في 0.012 كجم من كربون12 .

1 شمعة (1 cd) :شدة إضاءة مصدر ضوئى يشع إشعاعاً أحادى اللون بتردد يساوى 540×10^{12} هرتز ، وبشدة إشعاع تساوي $\frac{1}{683}$ وات /ستيراديان في أحد الاتجاهات.

٢. بعد سنة ١٩٤٨ ، أجريت دراسات لتوحيد جميع الكميات الطبيعية في نظام واحد ، وذلك لمنع التضارب الناتج من الأنظمة المختلفة للوحدات . وفي الجلسة المكتملة للهيئة الدولية للموازين والمقاييس سنة ١٩٦٠ ، تم وضع ست وحدات أساسية (حاليا سبع) ووحدتين إضافيتين ،وقد اتُّفق على تجميع وحدات الكميات الطبيعية الأخرى بناءً على هذه الوحدات. وقد كان هذا بداية النظام الدولي للوحدات (SI) .

a : القياس الدقيق بواسطة شعاع ليرز

b : تحديد وضع عدة آلة التشغيل باستخدام جهاز قياس ، بتطبيق تداخل أشعة الليزر .

C : مبين

d : مصدر ضوء الليزر

e : مقياس التداخل

f : فحص بالمقارنة عن طريق نموذج درجة حرارة

g : مفتاح تحكم

h : مستقبل تليفزيونى TV

i : مثال للفحص بالمقارنة للوحة دائرة مطبوعة بطريقة بث أشعة تحت الحمراء من غرض عن طريق كاميرا الأشعة تحت الحمراء وعرض الأشعة تحت الحمراء التي تم التقاطها على مستقبل TV كنموذج لدرجة الحرارة (تسجيل الحرارة) .

j : مقياس ملون

K: نموذج معيارى

l : نموذج الأجزاء التي تم فحصها

(الدوائر المكملة ICs الموضحة بأسهم تبين درجات حرارة عالية ، وهذا يعني خللاً أو عيباً

a : الأوتوماتيكية عن طريق ربوت صناعي.

b : مثال لسلسة من أعمال التجميع الأتوماتيكية مثل التغذية بالأجزاء (إدخال الأجزاء) ، والتجميع ، وتربيط المسامير المسننة والحركة باستخدام ربوت تجميع له وظائف تحكم عالية .

C : تحريك أجزاء IC

d : التغذية بالأجزاء وربط المسامير المسننة.

e : تجميع وتحريك مسجلات شرائط فيديو .

ملحق
المصطلحات الفنية

A

accuracy .... دقـــــة
actuator .... مُــشــغــل
AD conversion .... تحــويل تناظري رقـــمي
addition .... جــمــع
addition circuit .... دائرة الجـــمـع
address .... عــنــوان
adjustment .... ضـبـط
air micrometer .... مـيكرومـتـر هوائـي
ammeter .... أمـيـتـر
analogue .... تــنــاظــري
application .... تطبيـــق
area .... مساحة
assembler language .... لغة التجميـع
autocollimator .... الموازي الـذاتـي
automatic .... أوتوماتـيكية
automatic control .... تحكم أوتومـاتيكي
automation .... الأتــمــتــة

B

back-pressure .... ضغط خلفـــي
balance wheel .... عجلة موازنـــة
balance .... مـيـزان
BASIC language .... لغـة البـيـسـك
bimetal .... ثنـائي المعــدن
binary .... ثنائـــي
bit .... بـــــت
block diagram.............................. الرسم التـخطيطي الصندوقي
block gauge .... قالب قياس معيـــاري
bulb... بصيلة المصباح الكهربائي
byte... بايـت

C

cadmium sulpfide cell.................. خلية كبريتات الكادميـــوم
calculations.................................. حـسـابـات
capacity.. سـعـة
carburator .... كـربوريتـور
cell... خلـيـة
centrifugal tachometer................ تاكـومتـر الطرد المركـزي
characteristics.............................. خـصـائص
chart.. مخطـط

circuit.................................... دائـرة
classification................................ تصنيـف
clock.......................... الساعة (آلة قياس الوقـت)
comparator..................................... مـقـارن
computer.................................... حاســـب
CNC (computerized numerical control)............. تحكم عددي باستخدام الحاس
contact error .... خطأ التلامــس
control....................................... تحكـم
controller................................ وحـدة التـحكم
control valve................................ صمام التحكـم
conversion.................................... تحويـــل
conveyor .... نـاقـل
copy control.............................. التحكم في النسـخ
contou................................. كنتــور- محـيـط
CPU (central processing unit) .... وحدة المعالجة المركزيـــة
cylinder...................................... اسطـوانـة

D

DA conversion .... تحـويـل رقـمـي تناظـري
D action (derivative control action) .... العمل D - عمل التحكم بالتفاضل
dead load..................................... حـمـل سـاكن
dead time .... زمن الخـمـــود

decimal.......................... عشـــري
deflection method.......................... طريقــة الانحــراف
deformation.......................... تـشـــــوه
delay.......................... تأخـيــر
density.......................... كثـافـة
detecting part.......................... جـزء الكشــف
detector.......................... كاشــف
device.......................... جهاز - نبيطـة (عـنصر)
diaphragm.......................... غشـــاء
dial gauge.......................... مقيـاس قرصي مـدرج
differential .... فـرقي - تفاضلـــي
differential pressure flowmeter.......... مقياس الانسياب بالضغط الفرقــي
diffraction.......................... حيـــود
digital.......................... رقـمـــي
digital control.......................... التـحكم الرقـمـــي
diode .... ثنائـــــي
direction .... اتجـــاه
direct -reading.......................... القراءة المباشـــرة
dispersion.......................... تشـــتت - انتــشــار
displacement.......................... إزاحــة
division.......................... قسـمـة
drive.......................... آليــة التشغيــل
double weighing capacity method....... طريقة سعة الـــوزن المضاعـــف

dyne .... دايـن

E

effect .... تـأثيـــر
elastic standardizing box........................ صندوق المعايرة المـــرن
electric.. كـهـربـائـي
electrical.. كهربائـــي
electric micrometer.............................. ميكرومتر كهربـائي
electromagnetic.................................. كهـرومغنطيســي
electronic.. الكتـرونـــي
electrostatic .... كهروستاتي - الكهرباء الساكنـة
element .... عنصـــر
end standard .... معيار طرفـــي
engine.. محرك (سيـــارة)
error.. خطـأ

F

factory.. مـــصنـــع
feedback.. تغـذيــة مـرتدة
final controlling element........................ عنصر التحكم النهائـي
first order...................................... من المرتبـة الأولـــى

flatness .... استــــتواء

float .... عوامـــــة

flow .... انســيـاب

flow chart... ســيــر العــمليــات

flowmeter... مـقيـاس انســيـاب

fluid.. مـائــع

follow-up... متابعـة

force.. قـــوة

fringe... هُدْبَــــة

G

gas.. غــاز

gauge... مـقـيـاس

generating tachometer.................... التـاكـومـتـر المولــد

grid.. شبكـيـة

guide valve....................................... صمـام دليلــي

H

half - addition circuit...................... دائرة الجـمـع النصـفــي

hardware... المكونات المادية

hexadecimal..................................... سداسـيـة عـشريـة

holding circuit................................. دائرة الاحـتـجـاز

hopper scale.. الميــزان القــمــعي

humidity.. رطوبــة

Hustler tachometer............................ تاكومـتر هسـتـلر

hydraulic.. هيــدروليكــي

hysteresis difference .... الفرق التخلـفي

I

I action (integral action)................. العمــل I - العمل المكامل

impeller.. دفّــاعــة

indicating instruments........................ أجهزة البيـان

indicating scale .... الميــزان ذو المبين

indication.. بيـــان

indicator.. مبــين

inductance.. محـاثـة

industrial.. صـناعي

industrial robot .... روبت صـنـاعـــي

infrared.................................... تحت الحمـراء - الأشعة تحت الحمــراء

instructions .... تعليمــات

instrumentation.................................. استخدام أجهزة القيـــاس

integral element.................................. العنصـــر المكامل

interface.. المواءمـة البـينيـة

interference.. تداخـــل

interlock circuit................................ دائـرة التشابـــــك

J

JIS(Japanese Industrial Standards) .... المواصفات الصناعية اليابانيـــة

L

log .... تخلـــف
language.. لغـــة
laser beam.. شعـاع اللـيزر
LED (light emission diode)...................... ثنائي باعـث للضـوء
length... طــــول
light lever.. ذراع ضـوئـــي
light wave.. مـوجـة الضـوء
line standard....................................... معـيار خطـي
liquid crystal display..................... المبين ذو البلّورات السـائـــلة
liquid column pressure gauges........ مقاييس الضغط بعمـــود سائـــل
liquid level.. مسـتوى السائــل
load cell.. خلية الحمــل
logic circuit.. الدائرة المنطقيـة

M

machine language .... لغة الآلة
machine tool .... آلة التشغيل
magnetic .... مغنطيسي
mass .... كتلة
mean value .... القيمة المتوسطة
measured value .... القيمة المقاسة
measurement .... القياس
measuring instrument .... جهاز قياسي
measuring range .... مدى القياس
mechanical .... ميكانيكي
meter .... مقياس
method .... طريقة
metallic .... معدني
microcomputer .... حاسب دقيق
micro processor .... معالج دقيق
micrometer .... ميكرومتر
MIS .... المواصفات العسكرية الأمريكية
Moire fringes .... هُدُب مُوَار
moisture .... رطوبة
motor .... محرك
motor starter .... باديء حركة (تشغيل) المحرك

multiplication.. ضـرب

N

NC (numerical control).............................. تحكم عـددي
non - contact .... بدون تلامس
nozzle.. فـوهـة
numerical value.. قيمة عددية

O

ohmmeter.................................. أومّتر (مقياس المقاومة)
on - off action .... عمل وصل / فصل
optical.. ضـوئـي
optoelectric.. كهروضوئي
orifice... فتحة
oscillograph... راسمة الذبذبات
output.. خـرج
oval... بيضاوي
overshoot... تجاوز وضع التوازن
oxygen... أكسجين

P

P action (proportional action)........... العمل P - العمل المتناسب
parallax.. اختلاف المنظر
parallelism.. توازي
pattern.. نموذج - مخطط - نمط
pendulum.. بندول
performance.. أداء
piezoelectric.. كهربائي إجهادي
photoelectric.. كهروضوئي
phototransistor................ ترانزستور ضوئي - الالكترونيات البصرية
photovoltaic cell.. خلية كهروضوئية
platform scale.. ميزان ذو منصة (طبلية)
platinum.. بلاتين
pneumatic.. نيوماتي (ميكنه بالهواء المضغوط)
portable clock tachometer .... التاكومتر المحمول ذو الساعة
position.. موضع
positive.. موجب
pressure.. ضغط
probe .... مجس
process control.. التحكم في العمليات
program.. برنامج
programmable controller.. وحدة التحكم المبرمج

properties .... خصائــــص
proximity switch.............................. مفتاح التقــارب
pulse... نبضـــــة
pulse motor................................... المحرك النبضـي
pump .... مـضـخـة
pyrometer..................................... بيرومتـــــر

Q

quartz clocks................................. ساعات الكوارتــــز
quartz oscillator............................. مذبذب الكـوارتز

R

radiation..................................... إشعــاع
RAM(random access memory) .... ذاكرة الوصـول العشـوائـــي
ratio... نسـبـة
ray... شـعـاع
reciprocal.................................... تــرددي
reference..................................... مـــرجع
reflection.................................... انـعـكـاس
register...................................... مسجـــل
relay... مـزحـل

relief valve............................... صمام تنفيس (تخفيــــف)
resistance............................... مقاومـــة
responce............................... استـجـابــــة
robot............................... روبت أو روبط
ROM (read only memory) .... ذاكـرة القـراءة فـقــط
rounding of values............................... تقـريب القـيم
rpm(revolutions per minute)............ عــــدد اللفات في الدقيقـــة

S

scale............................... مقيـاس - ميـزان
screw............................... مـسـمـــار مسنن
secondary............................... ثـانـــوي
semi-conductor............................... شبـه مـوصــل
sensitivity............................... حسـاسـية
sensor............................... حـســاس مجس
sequence............................... تتـابــع
sequential control............................... تحكـم مـتـتـابع
servo - mechanism............................... آلية مؤازرة (سرفــو)
shape............................... شـكـل
signal............................... إشـــارة
significant digit............................... رقم مـعنوي
slide rheostat............................... ريوستــات منزلق

software.. برامــج
solenoid valve........................ صمام ذو ملف لولبــي
speed of revolution............................ سرعة الدوران
standard deviation........................ الانحراف المعيـاري
standard scale.................................... مقياس معيـاري
step response........................ الاستجابة لدالة الخطوة (الخطويـة)
straightness.. استقامــة
strain gauge.................................... مقياس الإنفعـال
stroboscope tachometer .... التاكومتر الستروبوسكوبي
subtraction.. طـــرح
surface roughness............................ خشونة السطــح
switch.. مفتــاح
system.. نظـام

T

tachometer.. تاكومــتر
temperature...................................... درجة الحــرارة
thermal.. حــــراري
thermistor.............................. ثرمستور- مقاوم حراري
thermocouple.................................... مزدوجة حراريــة
thermoelectric.......................... كهروحراري - حراري كهربائــي
Thermodynamic .... ثرمو ديناميــي

thermometer.. ترمومتر
thermostat.. ثرموستات
three - dimensional.. ثلاثي الأبعاد
thyristor.. ثايرستور - نبيطة ثلاثية من أشباه الموصلات
time.. الزمن
time limit relay .... مرحل الحد الزمني
timer.. مُؤقِّت
tool microscope.. مجهر العدة
toothed wheel .... عجلة مسننة
tracer.. متتبع
transformer.. محول
transistor.. ترانزستور
transmission.. إرسال
treatment .... معالجة

U

ultrasonic.. فوق الصوتي
unit.. وحدة
universal profile projector .... جهاز عام لإسقاط المظهر الجانبي على شاشة
utilization .... إستخدام

V

vacuum................................ تفريـــغ
value.................................... قيمـــة
valve.................................... صمـــام
variable................................ متغيـــر
venturi tube.......................... أنبـوبة فنتـوري
vernier caliper........................ قدمة ذات ورنيـــة
voltmeter.............................. فـولتمتـــر

W

wet....................................... مبـلل
Wheatstone bridge.................... قنطرة هويســتـون
wire .... ســلك

Z

zero method .... الطريقة الصفريـــة

تصويب الأخطاء

م	رقم الصفحة	مكان الخطأ	الخطأ	الصواب
١	١٦٧	العنوان رقم ٥-٢-٢	مقياس الانسياب دوران المساحة	مقياس الانسياب على أساس دوران المساحة
٢	٢٠٥	تحت الرسم	إرجع إلى ص ...	إرجع إلى ص (١٠٨)
٣	٢٨٤	تحت الرسم	علاقة رياضية سقطت سهواً	$y = \frac{X}{C} \int_0^t dt = \frac{X}{C}\ t \ldots (9\text{-}2)$
٤	٣٣٦	على الرسم	(اسطوانة ...) و (مرنان بورى)	أسطوانة صلبة ، مذبذب بلورى

الحمد لله تعالى الذي تتم بنعمه الصالحات
لقد وفقت بتصوير النسخة اسكنر بصورة جديده
وطباعة ممتازة
نسألكم الدعاء بظهر الغيب لي ولوالدي
اخوكم في الله ابو عبدالله عبد المهيمن فوزي



ردمك : ٧ - ٠٤٥ - ١٢ - ٩٩٦٠